COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JUILLET 1894,

PRÉSIDENCE DE M. LŒWY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL annonce à l'Académie que le tome CXVII des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Conditions propres à faire varier la production et la perception des souffles dans les tuyaux qui sont le siège d'un écoulement d'air;* par M. A. CHAUVEAU.

« L'explication des bruits engendrés dans l'appareil respiratoire par l'écoulement de l'air repose nécessairement sur les principes que j'ai exposés dans mes Notes précédentes (*Comptes rendus*, 2 et 16 juillet). Il convient de compléter cette exposition de principes par quelques renseigne-

ments supplémentaires, qui ne sont pas inutiles à l'édification de la théorie de l'auscultation.

» *Sur les souffles étrangers aux vibrations des veines fluides formées par l'écoulement de l'air.* — D'après les faits que j'ai fait connaître, l'air en écoulement dans les tuyaux de section uniforme et du diamètre moyen des canaux respiratoires, avec la vitesse communément imprimée à ce fluide par les mouvements du soufflet thoracique, ne trouve pas, sur son trajet, les conditions de production de vibrations propres à engendrer des bruits nettement perceptibles à l'oreille nue ou armée du stéthoscope. Cet air est pourtant en état de détente continuelle depuis son entrée dans le tuyau jusqu'à sa sortie. J'ai longtemps résisté à l'idée d'admettre que ce mouvement moléculaire incessant est inapte à produire des sons quelconques. Il a fallu pourtant me rendre à l'évidence. Les tentatives multipliées auxquelles je me suis livré pour obtenir, de l'écoulement de l'air, un son propre, n'ont abouti qu'au résultat suivant : à savoir que, dans les tuyaux de diamètre parfaitement uniforme, la veine fluide extérieure étant mise à part, la disposition du pourtour des orifices terminaux est seule capable de constituer, *par elle-même,* une cause de vibrations et de souffles. Et encore cette influence ne se fait-elle sentir qu'à l'orifice d'entrée lorsque le bord circulaire en est net et tranchant.

» J'ai déjà parlé de cette cause bien connue de souffle. Intervient-elle, dans l'appareil respiratoire, à l'entrée de l'air dans les branches de ramification de l'arbre bronchique? En se brisant sur les éperons qui existent à l'origine de ces branches, l'air ne se trouve-t-il pas dans les conditions voulues pour vibrer et produire des murmures? Il y a des expériences de Physiologie, *in animâ vili,* qui se prononcent en faveur de la négative. Mais ce ne sont pas des expériences de cette sorte qu'il convient d'invoquer pour le moment.

» Dans le but de me renseigner à l'aide d'expériences de physique pure, j'ai cherché quel degré d'émoussement il est nécessaire de donner au pourtour des ajutages ajoutés au tuyau de l'appareil employé dans mes recherches, pour rendre ces ajutages incapables de faire vibrer l'air, quand celui-ci s'y engage. Or, j'ai constaté qu'on supprime la production de tout bruit à l'entrée de l'air dans le tuyau avec un émoussement en biseau arrondi, déterminant un évasement d'un quart de millimètre de longueur et augmentant d'un demi-millimètre le diamètre de l'orifice.

» Parmi les combinaisons instrumentales qui se prêtent à cette dé-

monstration, je citerai celles qui permettent le changement instantané de la disposition de l'orifice percé au centre du disque terminal de l'ajutage; il en résulte le changement, également instantané, d'un écoulement soufflant en écoulement aphone, et *vice versâ*. Il suffit, pour cela, d'un disque mobile, porté sur une virole, dans laquelle l'ajutage à bord tranchant peut être retiré et d'où on le fait saillir à volonté. Mais cette substitution, pratiquée à l'orifice de sortie, ne paraît pas exercer d'influence sur la production du souffle des veines fluides extérieures.

» Du reste, même avec l'ajutage à bord tranchant, il est possible de rendre silencieuse l'entrée de l'air dans les tuyaux, si la vitesse de l'écoulement est suffisamment ralentie. Or, avec celle qui existe habituellement dans le système respiratoire, les éperons bronchiques, fussent-ils moins émoussés encore qu'ils ne le sont, n'en seraient pas moins à peu près complètement dépourvus de la propriété de faire vibrer la colonne d'air qui se distribue dans le poumon. On s'explique donc que ces éperons ne concourent pas d'une manière sensible à la production des murmures entendus dans l'arbre respiratoire.

» *Influence de la matière qui compose les parois des tuyaux sur les souffles engendrés par l'écoulement de l'air.* — Les tuyaux dans lesquels s'opère un écoulement d'air peuvent avoir des parois molles et élastiques (caoutchouc) ou des parois rigides (métal, verre). Cette différence influe-t-elle sur la production et la transmission des bruits de souffles? Les expériences comparatives que j'ai faites, en très grand nombre, m'ont appris que cette influence est à peu près nulle.

» Ainsi, les veines fluides soufflantes *extérieures*, pour ne citer que celles-là, se produisent et se comportent toujours de la même manière que le tuyau d'où elles s'écoulent soit en métal, en verre ou en caoutchouc, et, dans ce dernier cas, que l'air s'échappe du tuyau lui-même ou d'un ajutage métallique additionnel à contour vif ou émoussé. Il ne m'a pas paru, d'un autre côté, que la transmission *intérieure* des souffles engendrés par les veines fluides *extérieures* fût influencée sensiblement par la nature des parois du tuyau.

» Mais il n'en va plus de même quand on pratique l'auscultation *extérieure* du tuyau, au lieu de l'auscultation *intérieure*. La transmission des souffles aux parois élastiques est assez facile, impossible aux parois rigides. Pour la constatation de cette différence, j'ai employé divers appareils dits *stéthoscopiques*. Je me bornerai à indiquer le dispositif qui m'a donné les meilleurs résultats.

» Le plus sûr moyen d'ausculter les tuyaux, sans s'exposer à les déformer lorsqu'ils ont des parois molles et élastiques, consiste à employer une sorte de stéthoscope annulaire embrassant le tuyau à ausculter. Cet appareil est mobile et peut glisser d'une extrémité à l'autre de ce dernier. Dans sa partie moyenne, l'appareil est renflé et forme une sorte de caisse circulaire entre sa face interne et la face externe du tuyau. Cette caisse donne naissance à un branchement latéral, qui se continue avec le tube et l'embout auscultateurs ordinaires.

» Voici maintenant comment est disposé l'appareil à ausculter.

» On prend un tuyau, d'une longueur de 8^m, divisé en quatre parties égales qui sont pourvues chacune d'un stéthoscope. Deux de ces parties ont des parois en caoutchouc, les deux autres en métal. Elles alternent dans l'ordre suivant, du réservoir moteur à l'extrémité libre : caoutchouc, laiton. Un fort courant d'air est établi dans le tuyau ainsi constitué, de manière qu'en auscultant à l'origine, près du réservoir, on entende nettement un bruit de souffle, à travers la paroi de caoutchouc. Alors, on passe à la deuxième partie du tuyau (métal) : tout bruit de souffle a disparu. Puis on ausculte la troisième partie (caoutchouc) : réapparition du souffle. Enfin on arrive au stéthoscope de la quatrième partie (métal) ; il est partout impossible d'entendre le bruit de souffle, même très près de l'orifice de sortie, au siège de la production de la veine fluide, qui est la cause du bruit.

» J'aurai à signaler plus tard une opposition de sens contraire, qui se manifeste avec les bruits engendrés par les écoulements de liquides.

» Actuellement il y a à tirer des faits que je viens de faire connaître deux enseignements principaux :

» 1° Toutes les matières ne sont pas aptes à la propagation pariétale des souffles résultant de l'écoulement de l'air dans les tuyaux. Les parois rigides (métal, verre) sont absolument dépourvues de cette aptitude.

» 2° Cette propagation pariétale n'est pas directe. Elle s'opère de l'intérieur à l'extérieur. C'est l'air en circulation dans le tuyau qui en est l'agent.

» *Résumé général.* — 1° Dans les tuyaux de section uniforme, où l'air circule avec la vitesse maxima dont il est animé dans l'appareil respiratoire, il n'y a de vibrations capables de produire un souffle qu'aux orifices d'entrée et de sortie.

» 2° Entre le point d'entrée et le point de sortie, l'air paraît se déplacer *en masse*, sans vibrer, tout au moins sans produire de vibrations capables de donner naissance à des bruits nettement perceptibles à l'oreille.

» 3° Un ralentissement suffisant de l'écoulement fait disparaître jusqu'au moindre des murmures qui se produisent à l'orifice d'entrée. Une accentuation du ralentissement supprime aussi les souffles de l'orifice de sortie.

» 4° L'orifice d'entrée peut être privé de toute aptitude à produire des souffles, même dans le cas d'écoulement rapide, si un émoussement des bords évase tant soit peu l'orifice.

» 5° Cet émoussement semble sans influence sur les souffles qui prennent naissance aux orifices de sortie.

» 6° Les orifices de sortie s'ouvrant à l'extérieur, ou ceux que constituent les points d'abouchement des tuyaux avec des dilatations absolues ou relatives de ces tuyaux, sont tous également aptes à produire les veines fluides vibrantes. Mais, dans le dernier cas, les bruits de souffles de ces veines fluides peuvent être plus ou moins modifiés dans leur timbre et leur intensité par l'aptitude des dilatations à jouer le rôle de caisses de résonance.

» 7° Tous les bruits entendus en dehors des lieux propres à la formation de ces veines souffiantes ne sont que des bruits transmis.

» 8° Malgré leur faible intensité, les souffles des veines fluides peuvent, en effet, se propager à de très grandes distances, *à l'intérieur* des tuyaux.

» 9° Ils se transmettent aussi de l'*intérieur à l'extérieur*, c'est-à-dire aux parois du système d'écoulement, si ces parois sont molles et élastiques.

» Cette transmission par l'air enveloppé aux parois enveloppantes est impossible, quand celles-ci sont formées d'une matière dure et rigide, métal ou verre.

» *Applications physiologiques*. — 1° L'ensemble des propositions qui précèdent est en parfaite concordance avec les résultats des expériences physiologiques proprement dites, particulièrement avec celles que j'ai instituées autrefois avec M. le professeur Boudet, pour établir le mécanisme des bruits respiratoires sur la théorie de la veine fluide.

» 2° Ainsi, les bruits respiratoires physiologiques ne peuvent s'expliquer que par les veines fluides que produit l'écoulement de l'air : *pendant l'inspiration*, en pénétrant dans les *acini* pulmonaires et en traversant la glotte, ainsi que les orifices intérieurs et extérieurs des cavités nasales; *pendant l'expiration*, en passant en sens inverse, à travers ces trois derniers points, relativement étroits, de la canalisation respiratoire.

» C'est la glotte, d'une part, le point d'abouchement des bronchioles terminales avec les *acini* pulmonaires, d'autre part, qui réunissent les con-

ditions les plus favorables à la production des veines fluides soufflantes ou murmurantes (souffles laryngiens, murmure vésiculaire).

» 3° Les bruits glottiques sont surtout perçus par l'auscultation *extérieure* de la région antérieure du cou, de même que par l'auscultation *intérieure* du pharynx et celle du tube trachéal : l'une et l'autre faciles, celle-ci chez les animaux, à l'aide d'une ponction simple avec un trocart; celle-là chez l'homme, par la voie nasale.

» L'auscultation *extérieure* du poumon, à travers les parois du thorax, fait entendre surtout le bruit vésiculaire.

» 4° La transmission de ce dernier à la partie supérieure de l'arbre respiratoire, ou des bruits glottiques à la région pulmonaire, est rendue difficile, souvent même impossible, par l'étroitesse des bronchioles terminales, étroitesse qui donne au tissu pulmonaire sain les qualités d'une matière spongieuse mauvaise conductrice du son. »

GÉOLOGIE. — *Sur certaines des dernières phases géologiques et climatériques du sol barbaresque.* Note de **M. A. Pomel.**

« La croyance à une mer saharienne quaternaire ne repose plus que sur une conception imaginaire, depuis qu'il a été démontré, par l'observation directe et positive, que la mer n'a pris aucune part dans la formation des sédiments qui remplissent les dépressions du Sahara, et qu'aucun débris de faune franchement marine n'y a été rencontré. Au contraire, partout où ces sédiments se sont montrés fossilifères, on n'y a reconnu que des organismes d'eau douce ou d'eau saumâtre, ou d'origine continentale.

» J'ai, le premier, opposé ces faits positifs, constatés dans le Sahara algérien, aux partisans idéalistes de la reconstitution d'une mer saharienne, qui n'avait pas existé. L'ingénieur des Mines Fuchs l'a reconnu sans hésitation possible, dans son exploration du seuil de Gabès. Ce qui constitue cet isthme prétendu est un puissant atterrissement, d'origine purement continentale. Il a fallu des surfaces continentales considérables pour permettre l'alluvionnement des éléments détritiques ayant constitué ces dépôts, et un régime météorique excessif pour leur transport et leur dispersion. L'immensité des dépôts, non seulement au Sahara, mais aussi dans le Tell, témoigne de l'intensité et de la généralité du régime alluvionnaire. Nous ne pouvons en fixer la durée, mais on peut l'estimer très longue par les résultats produits.

» Or, à cette phase de sursaturation hygrométrique, en a succédé une autre d'une extrême sécheresse, également généralisée sur une grande partie de la côte barbaresque, depuis la Tripolitaine, au moins, jusqu'au rivage même de la côte atlantique. Toute la surface des dépôts alluvionnaires et de ruissellement s'est recouverte d'une croûte travertineuse, qui lui a formé une sorte de carapace d'une épaisseur variable de quelques décimètres à quelques mètres. Très dure à la surface et rocheuse, elle devient progressivement plus tendre et plus tuffaire dans son intérieur, et passe à son *substratum* sans que rien prenne l'apparence d'une stratification.

» Cette croûte se comporte comme si elle résultait de l'assèchement d'eau d'imbibition, plus ou moins riche en solutions minérales, appelée à la surface par son évaporation même successive, et y laissant par efflorescence ses résidus minéraux qui se concrétionnent de plus en plus sur les parties exposées. Il est certain qu'un pareil phénomène n'a pu se produire que sous l'action d'un climat sec excessif, que n'a pas atténué l'influence contraire du climat atlantique, puisque la région de Mogador est une de celles où il s'est produit avec le plus d'intensité. Cet encroûtement des surfaces exposées n'est pas spécial aux anciens atterrissements quaternaires; il s'est aussi produit sur d'autres terrains de structure analogue plus anciens; mais il est rudimentaire lorsqu'il existe sur les formations plus récentes, ce qui peut confirmer la spécialité et la généralité du phénomène.

» Nous ne pouvons que faire des hypothèses sur la durée de cette singulière phase climatérique en Barbarie. Elle a pris fin plus ou moins brusquement, lors de l'immersion d'une longue bande, qui a fait, et fait presque encore, le littoral de la mer. Celle-ci y a déposé ses sédiments bien stratifiés, formés de vases, de sables et de galets, sous une nappe peu profonde. Ces formations reposent le plus souvent sur la carapace qui indique leur âge. Les organismes marins qu'on y trouve sont ces mêmes espèces que nourrit encore la mer voisine; mais il y en a quelques autres qui ont au moins émigré, telles que *Tugonia, Strombus, Conus, Nassa,* etc., ce qui prouve que cette phase d'envahissement par la mer est relativement assez ancienne.

» Les sédiments accumulés sous ce rivage nouveau n'ont jamais eu qu'une faible puissance, depuis quelques décimètres jusqu'à quelques mètres, une trentaine au plus. Après cette phase, dont la durée ne peut être estimée que par le temps nécessaire à la pullulation des organismes

qui s'y sont accumulés quelquefois en immense quantité (bancs épais de plusieurs mètres, par exemple, de *Pectunculus violacescens*), une nouvelle phase s'est produite avec l'émersion de ces dépôts maritimes sous forme de plages ou de bancs coquilliers, quelquefois restés encore à fleur d'eau, rarement soulevés au-dessus d'une trentaine de mètres d'altitude.

» Toutes ces plages émergées ne sont pas restées continues le long du rivage barbaresque; mais elles y forment une chaîne qui se déroule de nos jours depuis Zarsis jusqu'à l'ouest de Tanger, venant ainsi affirmer l'existence du détroit de Gibraltar à cette phase de l'époque quaternaire.

» Cette phase d'émersion ne paraît pas avoir été suivie d'un retour de la phase de sécheresse, car l'encroûtement ne s'est pas produit sur ces nouveaux sédiments marins, ni sur les dépôts limoneux récents des grandes plaines, qui marquent l'instauration d'une autre phase de grandes pluies et d'un climat approprié aux Rhinocéros, aux Éléphants et à l'Hippopotame, pendant laquelle les dernières dépressions des grandes plaines ont de nouveau été envahies par les eaux météoriques.

» Puis enfin s'est produite une nouvelle phase de sécheresse relative, pendant laquelle l'alimentation des bassins lacustres n'a pu compenser leur évaporation, dont les eaux, de plus en plus condensées, n'ont pas pu conserver leur faune de mélanies, de mélanpsides et de cardium, et enfin, se desséchant plus ou moins complètement, se sont transformées en chotts et sebkas. La Berbérie paraît être encore sous le régime de cette dernière phase, ou tendre à peine à en sortir depuis les temps historiques. En tout cas, dès lors, les changements climatériques paraissent s'être produits avec lenteur et probablement par alternances ménagées.

» Nous n'avons malheureusement que peu de documents nous permettant d'établir des concordances entre ces phases quaternaires et celles de l'Europe. Nous savons seulement que les Vertébrés fossiles trouvés dans les sédiments alluvionnaires ou limoneux de la phase la plus ancienne appartiennent à l'*Elephas meridionalis* et à l'*Equus Stenonis*, dont certains auteurs font une troisième faune pliocène, dont d'autres font un étage pléistocène, et que j'ai toujours classé comme quaternaire ancien.

» Par où ces quelques représentants d'une faune archaïque ont-ils passé du continent européen au continent africain? C'est certainement bien difficile à établir. Cependant, on peut considérer que le terrain quaternaire ancien, d'origine continentale, a dû primitivement s'étendre au large dans la mer des Syrtes et se rapprocher de la Sicile, peut-être en construisant

les hauts fonds qui séparent cette île de la Tunisie. C'est donc par là qu'avant l'immersion, nous avons des raisons de croire que ces anciens animaux ont pu nous arriver de l'Italie, leur vrai pays d'origine.

» La formation des plages émergées contient un autre Éléphant, assez fréquent, trouvé également en Sicile. Malheureusement, nous ignorons à quoi il correspond chronologiquement sur le continent européen : nous ne pouvons donc en tirer aucun renseignement. On y trouve aussi un Rhinocéros qui, lorsqu'il sera plus complètement connu, pourra éclairer cette question.

» Au point de vue géologique, nous pouvons résumer ainsi les observations précédentes :

» 1° Les premiers temps quaternaires en Berbérie ont été marqués par le développement maximum du régime des grandes nappes d'eau douce et des formations alluvionnaires;

» 2° Un encroûtement travertineux, sous l'action d'une extrême sécheresse, a produit une carapace peu épaisse, mais générale, à la surface des atterrissements alluvionnaires, depuis le rivage atlantique jusqu'à celui des Syrtes;

» 3° Une immersion de cette zone encroûtée, le long du rivage actuel, a dû mettre un terme à cette phase de sécheresse.

» 4° L'émersion de cette même zone a produit une longue et étroite bande de plages marines, depuis Zarzis jusqu'au delà de Tanger, attestant à cette époque l'existence du détroit de Gibraltar.

» Au point de vue climatérique, on peut faire les remarques suivantes :

» 1° La phase la plus ancienne a été marquée par un régime pluviométrique excessif.

» 2° Cette phase a été suivie d'une autre à régime sec excessif.

» 3° Une submersion partielle de la côte a mis fin à ces phases de climat excessif.

» 4° Après l'émersion de la même zone et la production du cordon de plages marines, il y a eu une phase transitoire, d'abord encore assez humide pour remplir encore les dépressions sahariennes.

» 5° Puis, le climat est allé sans cesse, ou par alternatives, en se détériorant, finissant par ne plus compenser l'évaporation par les chutes pluviales, pour transformer enfin les cuvettes d'eaux saumâtres à *cardium*

edule en véritables fonds plus ou moins desséchés et salés des chotts et sebkhas.

» 6° La reconstitution des anciens bassins ne s'est point encore opérée par une alimentation nouvelle, et le régime actuel paraît encore sous l'influence des mêmes conditions climatériques peu améliorées. »

RAPPORTS.

ASTRONOMIE. — *Rapport sur un Mémoire de M.* Bigourdan, *intitulé* : « *Sur la mesure micrométrique des petites distances angulaires célestes, et sur un moyen de perfectionner ce genre de mesures* ».

(Commissaires : MM. Lœwy, Tisserand; Wolf, rapporteur.)

« M. Bigourdan soumet au jugement de l'Académie un nouveau mode de mesure des très petites distances angulaires, telles que distances des étoiles doubles, diamètres des planètes et des satellites, distance de deux détails sur la surface d'un astre.

» Jusqu'ici, ces mesures angulaires ont été faites, soit à l'aide de micromètres à fils, soit avec les micromètres à double image. L'emploi des fils est excellent quand il s'agit d'étoiles doubles dont les composantes sont brillantes, à peu près de même éclat, et suffisamment distantes. On peut alors aisément bissecter chaque étoile avec un des fils, et la méthode des doubles distances donne exactement l'angle cherché. Mais lorsque la distance est inférieure à une seconde d'arc, ou lorsque l'une des composantes est faible par rapport à l'autre, la mesure devient très difficile et se réduit le plus souvent à une simple estime. Aussi constate-t-on que la mesure de l'angle de position, c'est-à-dire de l'angle de la ligne passant par les deux étoiles avec le cercle de déclinaison de l'étoile principale, est beaucoup plus précise que la mesure de la distance. Si bien que J. Herschel a fondé sa méthode classique de la détermination de l'orbite apparente du compagnon autour de l'étoile double sur la seule considération des angles de position, et qu'à sa suite plusieurs astronomes, surtout parmi les Anglais, ont complètement négligé la mesure des distances.

» En recherchant la cause de cette anomalie, assez singulière au premier aspect, M. Bigourdan a reconnu qu'elle réside uniquement dans l'épaisseur des fils. Les fils d'araignée les plus fins qu'on puisse employer

ont environ 5 microns de diamètre, ce qui correspond à un angle de 1″ au foyer d'une lunette de 1^m, et à un angle de 0″,2 au foyer d'un objectif de 5^m. De pareils fils masquent donc complètement l'image des étoiles très faibles, de sorte que, dans le cas des très petites distances, l'erreur de superposition du fil à l'étoile est de même grandeur que la distance à mesurer. L'influence de cette épaisseur est nulle, au contraire, dans la mesure de l'angle de position, qui se fait en plaçant les deux étoiles entre deux fils parallèles.

» Cette réflexion a conduit M. Bigourdan à appliquer à la mesure des étoiles doubles un procédé semblable à celui que l'on a employé souvent pour la détermination de la position des lignes fines du spectre. La superposition d'un fil à une telle ligne la masque et en rend le pointé impossible; plusieurs observateurs ont remplacé le fil par une aiguille dont on amène la pointe sur le milieu de la ligne à repérer. Pour les étoiles doubles il fallait deux pointes. M. Bigourdan les forme en étirant, à la lampe d'émailleur, une tige pleine en verre. Il obtient ainsi deux pointes extrêmement fines, de 6^μ de diamètre à peu près, supportées par des tiges coniques suffisamment rigides, qu'il fixe sur les chariots mobiles de son micromètre à la place des fils. Un système de réglage des supports, très habilement exécuté par M. Mailhat, permet d'amener ces pointes à être parallèles et à avoir même longueur. Ce réglage se fait très rapidement sur place, le micromètre étant fixé à la lunette. Dans le champ éclairé de l'instrument, les pointes apparaissent complètement noires.

» On voit que ces pointes de verre ne sont pas, en réalité, plus fines que les fils d'araignée. On pourrait aisément les amincir, mais elles exigeraient alors, pour être vues, un éclairage du champ qui ferait disparaître les faibles étoiles, et la méthode ne demande pas une telle finesse. Elle consiste, en effet, à amener les pointes en face des deux étoiles, sans les recouvrir, de telle façon que leurs prolongements aillent passer par les centres des disques fictifs. Une expérience de deux années a prouvé que, avec les pointes, on peut mesurer tous les couples dont les composantes sont séparées en vertu du pouvoir optique de l'instrument, et même ceux qui sont simplement allongés. On peut, de même, mesurer le diamètre fictif des étoiles.

» Ce n'est point à dire que l'emploi des pointes doive nécessairement donner des mesures plus exactes que celui des fils. L'opération qui consiste à prolonger par la pensée les axes de ces pointes et à les faire coïncider avec les centres des images stellaires doit, évidemment, en raison

de la largeur des extrémités de ces pointes, donner place à une équation personnelle, qui peut n'être pas la même pour deux étoiles très différentes d'éclat. Le véritable avantage du nouveau mode de pointé, c'est qu'avec lui l'observateur a conscience de ce qu'il fait, ce qui n'a plus lieu lorsqu'un fil masque l'étoile. S'il donne lieu à une équation personnelle, M. Bigourdan, qui a fait autrefois une étude très complète des causes d'erreurs dans la mesure des étoiles doubles et construit dans ce but un appareil fort ingénieux, voudra certainement soumettre son nouveau procédé à l'épreuve de l'expérience directe.

» Déjà la comparaison des mesures de distances faites par les deux procédés du micromètre à fils et du micromètre à pointes sur des couples auxquels le premier peut s'appliquer, lui a fait reconnaître que les distances mesurées aux pointes sont, en général, très légèrement plus grandes, de $0'',05$, que les distances mesurées aux fils. C'est un résultat à rapprocher de celui tout semblable que Kaiser a obtenu par l'emploi du micromètre d'Airy.

» Les diamètres des planètes et de leurs satellites se déterminent aussi avec exactitude en plaçant les pointes de façon que leurs axes parallèles prolongés soient tangents aux bords opposés du disque. Avec des fils, il y aurait à tenir compte de leur épaisseur, et il ne faudrait pas croire qu'on puisse éliminer cette cause d'erreur en les mettant en contact avec le disque successivement par leurs bords extérieurs et intérieurs. Par un effet de diffraction, le disque lumineux empiète sur le fil obscur dès que la distance est très petite, et quelquefois même le fait disparaître complètement.

» Les micromètres à double image, micromètre d'Airy, prismes biréfringents, héliomètre, semblent *a priori* devoir donner les diamètres des astres beaucoup mieux que les micromètres filaires. En réalité, ils présentent d'autres inconvénients. Dans tous les cas, réduction à moitié de l'éclat du disque; avec les prismes d'Arago, achromatisme très imparfait et inégal des deux images et influence énorme d'une légère obliquité; avec l'héliomètre, pouvoir optique insuffisant et déformation des images par la diffraction; enfin, avec le micromètre d'Airy, le seul qu'on puisse appliquer à l'étude des étoiles doubles, nécessité, comme l'a démontré Kaiser, d'une étude très longue et très pénible de l'appareil pour en pouvoir obtenir des mesures absolues.

» En résumé, le procédé préconisé par M. Bigourdan facilite beaucoup la mesure des très petites distances angulaires et leur assure un degré de

précision au moins égal à celui que donne aucun des micromètres employés jusqu'ici.

» Nous ne pouvons qu'encourager l'auteur à poursuivre l'application de son procédé ingénieux, et nous demandons à l'Académie d'ordonner l'insertion du Mémoire dans le *Recueil des Savants étrangers.* »

Les conclusions de ce Rapport sont mises aux voix et adoptées.

CORRESPONDANCE.

Le Conseil général des Facultés de Lyon invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration de la statue de Claude Bernard, qui aura lieu à Lyon le 28 octobre prochain.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces de la Correspondance, un Mémoire de M. *Malvy* « Sur les polygones réguliers (étude élémentaire) ». (Mémoire autographié.)

Depuis que Gauss a découvert la possibilité d'inscrire dans le cercle les polygones réguliers de dix-sept côtés, et, en général, ceux dont le nombre de côtés est un nombre premier de la forme $2^n + 1$, ce problème a été l'objet de divers travaux; en particulier, de la part d'Ampère et de Serret. Dans la solution nouvelle qu'il propose, M. Malvy s'est astreint à faire usage des méthodes purement géométriques.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, l' « Annuaire de l'École Polytechnique pour l'année 1894 ».

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des formes différentielles quadratiques.* Note de M. Wladimir de Tannenberg, présentée par M. Darboux.

« Considérons la forme quadratique à n variables que l'on rencontre dans les équations de Mécanique

$$2T\,dt^2 = \sum_k \sum a_{ik}\,dx_i\,dx_k.$$

La théorie de la réduction de cette forme comprend en particulier le problème suivant :

» *Trouver les conditions nécessaires et suffisantes pour que la forme* $2\,T\,dt^2$ *soit réductible à la suivante*

$$2\,T\,dt^2 = dy_1^2 + \ldots + dy_p^2 + f(dy_{p+1}, \ldots, dy_n),$$

les coefficients de f *étant indépendants de* $y_1, \ldots, y_p$. *Effectuer la réduction dans les cas où elle est possible.*

» J'ai été conduit à la solution de ce problème de la manière suivante. Considérons le système invariant

$$(1) \qquad dx_i' - \sum_k \varphi_k^{(i)}\, dx_k = 0, \qquad \varphi_k^{(i)} = \frac{1}{2}\frac{\partial \varphi_i}{\partial x_k'}, \qquad x_i' = \frac{dx_i}{dt}$$

lié à la forme T et que j'ai déjà défini (15 mai). Les intégrales du premier degré en $x_1', \ldots, x_n'$ de ce système ont la forme

$$I = \sum_i \frac{\partial \theta(x_1 \ldots x_n)}{\partial x_i} x_i'$$

et sont définies par le système déjà mentionné

$$(2) \qquad w_{ih} = \frac{\partial^2 \theta}{\partial x_i\, \partial x_h} + \sum_k b_{ih}^k \frac{\partial \theta}{\partial x_k} = 0.$$

» Ce système est aussi invariant, comme le montre la formule

$$(3) \qquad w_{ih} = \sum_\alpha \sum_\beta W_{\alpha\beta} \frac{\partial X_\alpha}{\partial x_i} \frac{\partial X_\beta}{\partial x_i}.$$

» De là résulte une classification des formes T : la forme T sera dite de la classe p, si le système (2) admet précisément p solutions distinctes, p pouvant d'ailleurs être nul. (On fait abstraction de la solution banale $\theta = \text{const.}$). Pour reconnaître *a priori* la classe d'une forme donnée, nous ferons usage d'un invariant particulier J, défini par

$$(4) \qquad J = \sum_i \sum_h w_{ih}\, dx_i\, \delta x_h = \sum_\alpha \sum_\beta W_{\alpha\beta}\, dX_\alpha\, \delta X_\beta.$$

» A cet effet, supposons les dx et δx définis par les systèmes *invariants*

$$\sum_h a_{ih}\, dx_h = \frac{\partial \theta}{\partial x_i}\, dt, \qquad \sum_h a_{ih}\, \delta x_h = \frac{\partial \varphi}{\partial x_i}\, \delta t,$$

où θ et φ sont deux fonctions arbitraires des x. Alors J devient un paramètre différentiel du second ordre de la forme T. On trouve que

$$2J = dt.\delta t.\Delta[\Delta(\theta), \varphi]. \tag{5}$$

» La quantité Δ désigne ici, suivant l'usage, le paramètre différentiel

$$\Delta\theta = \sum_i \sum_k \frac{A_{ik}}{D} \frac{\partial\theta}{\partial x_i} \frac{\partial\theta}{\partial x_k}.$$

» Les formules (4) et (5) vont nous permettre de caractériser la classe (p) de la forme T. Soit en effet $(y_1, \ldots, y_p)$ un système de solutions distinctes du système (2). Pour $\theta = y_i$ l'invariant J est nul, quelle que soit la fonction φ, donc

$$\Delta(y_i) = \text{const.};$$

on en déduit

$$\Delta(y_i, y_k) = \text{const.}$$

» Il est aisé de voir qu'on peut choisir le système de solutions de manière que

$$\Delta(y_i) = 1, \qquad \Delta(y_i, y_k) = 0 \qquad i \neq k.$$

» Cela posé, considérons le système d'équations distinctes

$$S_i(f) = \Delta(y_i, f) = 0, \qquad i = 1.2, \ldots, p.$$

» Ce système admet $n - p$ intégrales distinctes $y_{p+1}, \ldots, y_n$, car

$$S_i S_k(f) - S_k S_i(f) = 0.$$

» Choisissons comme nouvelles variables les fonctions distinctes $y_1, \ldots, y_p, \ldots, y_n$, alors la forme T devient

$$2T dt^2 = dy_1^2 + \ldots + dy_p^2 + f(dy_{p+1}, \ldots, dy_n), \tag{6}$$

et comme $y'_1, \ldots, y'_p$ doivent être des intégrales du premier degré du système

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial y'_i}\right) - \frac{\partial T}{\partial y_i} = 0, \qquad i = 1.2, \ldots, n, \tag{7}$$

il en résulte

$$\frac{\partial f}{\partial y_k} = 0, \qquad k = 1.2, \ldots, p.$$

» La forme f a donc ses coefficients indépendants de $y_1, \ldots, y_p$. Réci-

proquement, si la formule (6) est applicable, la forme T appartient à la classe (p). Donc :

» *Pour que la forme* $2\,T\,dt^2$ *soit réductible à la suivante*

$$2\,T\,dt^2 = dy_1^2 + \ldots + dy_p^2 + f(dy_{p+1}, \ldots dy_p), \tag{1}$$

où les coefficients de la forme quadratique f sont indépendants de $y_1, \ldots, y_p$, *il faut et il suffit qu'elle soit de la classe* (p), *c'est-à-dire que le système invariant* (2) *admette précisément p solutions distinctes.*

» La démonstration précédente met d'ailleurs en évidence les intégrations à effectuer pour réduire une forme T de la classe (p) à la forme (I). Pour $p = n$, on retombe sur la solution que j'ai donnée dans ma dernière Communication. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration de certains systèmes d'équations aux dérivées partielles du premier ordre impliquant plusieurs fonctions inconnues.* Note de M. **Riquier**, présentée par M. Darboux.

« Étant donné un système du premier ordre résolu par rapport à un certain nombre de dérivées, on peut, pour en disposer nettement les diverses équations, les écrire dans les cases d'un quadrillage rectangulaire dont les lignes correspondent aux variables indépendantes et les colonnes aux fonctions inconnues, en mettant l'équation qui aurait, par exemple, $\frac{du}{dx}$ pour premier membre, dans la case qui appartient à la fois à la colonne (u) et à la ligne (x). Cela posé, *si les cases vides du tableau résultant sont toutes situées dans une même colonne, si de plus le système considéré est complètement intégrable* (1), *son intégration se ramène à celle de systèmes complètement intégrables d'équations différentielles totales.*

» I. *Cas d'un système linéaire.* — Je supposerai, pour fixer les idées, que le système implique trois fonctions inconnues u, v, w de cinq variables,

(1) La théorie des systèmes différentiels quelconques est réductible, dans les circonstances générales, à celle des systèmes linéaires complètement intégrables du premier ordre : c'est ce que j'ai établi dans diverses Notes communiquées à l'Académie (28 mars 1892, 27 février 1893, 24 avril 1893) et dans un Mémoire *in extenso* adressé dernièrement à M. le Secrétaire perpétuel. Le type de système différentiel qui fait l'objet de la présente Note n'est pas assujetti à être linéaire, mais il est, comme ceux dont je viens de parler, complètement intégrable et du premier ordre.

indépendantes x, y, z, s, t, et que toutes les cases du Tableau sont pleines, à l'exception des cases (z), (s), (t) de la colonne (w). Le système considéré est alors de la forme suivante

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{du}{dx} = U_x + H_u\left(Z_x\dfrac{dw}{dz} + S_x\dfrac{dw}{ds} + T_x\dfrac{dw}{dt}\right), \\ \dfrac{dv}{dx} = V_x + H_v\left(Z_x\dfrac{dw}{dz} + S_x\dfrac{dw}{ds} + T_x\dfrac{dw}{dt}\right), \\ \dfrac{dw}{dx} = W_x + \quad Z_x\dfrac{dw}{dz} + S_x\dfrac{dw}{ds} + T_x\dfrac{dw}{dt}, \end{cases}$$

$$(2)\qquad \begin{cases} \dfrac{du}{dy} = U_y + H_u\left(Z_y\dfrac{dw}{dz} + S_y\dfrac{dw}{ds} + T_y\dfrac{dw}{dt}\right), \\ \dfrac{dv}{dy} = V_y + H_v\left(Z_y\dfrac{dw}{dz} + S_y\dfrac{dw}{ds} + T_y\dfrac{dw}{dt}\right), \\ \dfrac{dw}{dy} = W_y + \quad Z_y\dfrac{dw}{dz} + S_y\dfrac{dw}{ds} + T_y\dfrac{dw}{dt}, \end{cases}$$

$$(3)\qquad \begin{cases} \dfrac{du}{dz} = U_z + H_u\dfrac{dw}{dz}, \\ \dfrac{dv}{dz} = V_z + H_v\dfrac{dw}{dz}, \end{cases} \qquad (4)\qquad \begin{cases} \dfrac{du}{ds} = U_s + H_u\dfrac{dw}{ds}, \\ \dfrac{dv}{ds} = V_s + H_v\dfrac{dw}{ds}, \end{cases} \qquad (5)\qquad \begin{cases} \dfrac{du}{dt} = U_t + H_u\dfrac{dw}{dt}, \\ \dfrac{dv}{dt} = V_t + H_v\dfrac{dw}{dt}, \end{cases}$$

les coefficients de x, y, z, s, t, u, v, w qui figurent dans les coefficients des seconds membres étant liés entre eux par certaines relations. On posera

$$U_x - U_z Z_x - U_s S_x - U_t T_x = U_x^{(1)}, \qquad U_y - U_z Z_y - U_s S_y - U_t T_y = U_y^{(1)},$$
$$V_x - V_z Z_x - V_s S_x - V_t T_x = V_x^{(1)}, \qquad V_y - V_z Z_y - V_s S_y - V_t T_y = V_y^{(1)},$$

et l'on formera les équations

$$(6)\qquad \begin{cases} \dfrac{du}{dx} = U_x^{(1)} + Z_x\dfrac{du}{dz} + S_x\dfrac{du}{ds} + T_x\dfrac{du}{dt}, \\ \dfrac{dv}{dx} = V_x^{(1)} + Z_x\dfrac{dv}{dz} + S_x\dfrac{dv}{ds} + T_x\dfrac{dv}{dt}, \\ \dfrac{dw}{dx} = W_x + Z_x\dfrac{dw}{dz} + S_x\dfrac{dw}{ds} + T_x\dfrac{dw}{dt}, \end{cases}$$

$$(7)\qquad \begin{cases} \dfrac{du}{dy} = U_y^{(1)} + Z_y\dfrac{du}{dz} + S_y\dfrac{du}{ds} + T_y\dfrac{du}{dt}, \\ \dfrac{dv}{dy} = V_y^{(1)} + Z_y\dfrac{dv}{dz} + S_y\dfrac{dv}{ds} + T_y\dfrac{dv}{dt}, \\ \dfrac{dw}{dy} = W_y + Z_y\dfrac{dw}{dz} + S_y\dfrac{dw}{dz} + T_y\dfrac{dw}{dt}, \end{cases}$$

qui, jointes à (3), (4) et (5), constituent un système équivalent au proposé. En désignant par f une fonction inconnue de huit variables x, y, z, s, t, u, v, w, et par f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6 six intégrales particulières distinctes du système linéaire et homogène complètement intégrable

$$\frac{df}{dx} = Z_x\frac{df}{dz} + S_x\frac{df}{ds} + T_x\frac{df}{dt} - U_x^{(1)}\frac{df}{du} - V_x^{(1)}\frac{df}{dv} - W_x\frac{df}{dw},$$
$$\frac{df}{dy} = Z_y\frac{df}{dz} + S_y\frac{df}{ds} + T_y\frac{df}{dt} - U_y^{(1)}\frac{df}{du} - V_y^{(1)}\frac{df}{dv} - W_y\frac{df}{dw},$$

la solution générale du groupe [(6), (7)], considéré isolément, s'obtiendra en égalant f_4, f_5, f_6 à trois fonctions arbitraires de f_1, f_2, f_3.

» Cela étant, supposons que l'on veuille déterminer, parmi les solutions du système proposé, toutes celles où la fonction w se réduit, pour $x - x_0 = y - y_0 = 0$, à $G(z, s, t)$. On conservera, à cet effet, les variables indépendantes x, y, et on changera les trois dernières z, s, t, ainsi que les fonctions inconnues u, v, w, en prenant à leur place pour nouvelles variables les quantités ζ, σ, τ, et pour nouvelles fonctions inconnues υ, φ, ψ que définissent les relations

$$(8) \qquad f_1 = \zeta, \qquad f_2 = \sigma, \qquad f_3 = \tau, \qquad f_4 = \upsilon, \qquad f_5 = \varphi, \qquad f_6 = \psi.$$

Faisant, dans ces dernières, $x = x_0$, $y = y_0$ et $w = G(z, s, t)$, on éliminera z, s, t, u, v entre les formules ainsi obtenues, ce qui donnera la relation

$$(9) \qquad \Omega(\zeta, \sigma, \tau, \upsilon, \varphi, \psi) = 0.$$

Enfin on effectuera le changement de variables (8) dans les équations (3), (4) et (5) en tenant compte de la relation (9), et on tombera finalement sur un système complètement intégrable d'équations différentielles totales impliquant deux fonctions inconnues des seules variables ζ, σ, τ. On en formera les intégrales générales, on adjoindra à celles-ci la relation (9), et on reviendra aux anciennes variables.

» II. *Cas d'un système non linéaire.* — Je supposerai, pour fixer les idées, que le système donné Σ, composé de quatre équations, implique deux fonctions inconnues u, v des trois variables indépendantes x, y, z, et que toutes les cases du Tableau sont pleines, à l'exception des cases (y) et (z) de la colonne (v). Pour trouver, parmi les solutions du système Σ, toutes celles où v se réduit, pour $x = x_0$, à $F(y, z)$, on procédera comme il suit : 1° on adjoindra à Σ l'équation $\frac{dv}{dy} = \lambda\left(x, y, z, u, v, \frac{dv}{dz}\right)$, et l'on rem-

placera $\frac{dv}{dy}$ par λ dans Σ, ce qui donnera un système Σ' composé de cinq équations; on prendra d'ailleurs pour λ la détermination qui rend Σ' complètement intégrable, et qui en même temps se réduit à $\frac{dF(y,z)}{dy}$ pour $x = x_0$; 2° on adjoindra à Σ' l'équation $\frac{dv}{dz} = \mu(x, y, z, u, v)$, et l'on remplacera $\frac{dv}{dz}$ par μ dans Σ', ce qui donnera un système Σ'' composé de six équations : on prendra d'ailleurs pour μ la détermination qui rend Σ'' complètement intégrable et qui en même temps se réduit à $\frac{dF(y_0,z)}{dz}$ pour $x - x_0 = y - y_0 = 0$; 3° on formera les équations intégrales générales

$$(10) \qquad \begin{cases} P(x, y, z, u, v, C, C') = 0, \\ Q(x, y, z, u, v, C, C') = 0, \end{cases}$$

du système Σ'', et, faisant dans ces dernières $x = x_0$, $y = y_0$, $z = z_0$, $v = F(y_0, z_0)$, on éliminera u entre les deux équations résultantes; on tombera ainsi sur une relation $C' = \theta(C)$, à l'aide de laquelle on éliminera finalement C' des relations (10). »

OPTIQUE. — *De l'absorption de la lumière dans les milieux isotropes et cristallisés.* Note de M. G. Moreau, présentée par M. Poincaré.

« Aux hypothèses de la théorie d'Helmholtz sur la dispersion anomale, j'ai substitué une hypothèse qui me semble plus logique et qui donne des équations de mouvement rendant compte des principaux phénomènes connus pour l'absorption isotrope et cristallisée (dispersion anomale, périodicité des raies d'absorption, observation de Becquerel).

» Si l'on considère un corps absorbant traversé par une onde lumineuse, les atomes d'éther qui environnent une molécule de matière la rencontrent dans leur mouvement et lui communiquent une partie de leur force vive. L'absorption provient de cette perte de force vive.

» La théorie du choc simultané de plusieurs atomes élastiques m, sur une grosse sphère élastique M de centre O, donne les formules suivantes : OA, OB, OC étant les trois axes principaux d'inertie des atomes m placés en leurs points de contact sur M, U_A, U_B, U_C; U'_A, U'_B, U'_C les composantes de la vitesse de M avant et après le choc, on a, suivant OA,

$$(1) \qquad M(U'_A - U_A) = \frac{2 m_x M (u_x - U_A)}{M + m_x} \quad \text{ou} \quad m_x = \Sigma m x^2, \quad u_x = \frac{\Sigma m v x}{\Sigma m x^2},$$

x, y, z cosinus directeurs du rayon de contact de m, v composante de la vitesse de m suivant ce rayon. La formule (1) se rapporte à un mouvement de translation, car le mouvement de rotation est négligeable si Σm est petit à côté de M. Appliquée à un mouvement rectiligne de l'éther, en supposant le rayon de M très petit vis-à-vis d'une longueur d'onde, elle devient

$$(2) \qquad M(U'_A - U_A) = \omega_A(V_A - U_A) \qquad \text{ou} \qquad \omega_A = \frac{2M\Sigma m x^2}{M + \Sigma m x^2},$$

V_A, V_B, V_C vitesse de l'éther.

» Par rapport à un système d'axes fixes Ox, y, z, la formule sera, suivant Ox,

$$(3) \qquad M(U' - U) = P(u - U) + I(v - V) + q(\omega - W).$$

» Suivant Oy et Oz, on aura deux composantes dont les coefficients forment avec les premiers un déterminant symétrique,

$$P = \alpha^2\omega_A + \alpha'^2\omega_B + a''_2\omega_C, \qquad p = \alpha\beta\omega_A + \alpha'\beta'\omega_B + \alpha''\beta''\omega_C;$$

Q, R, r et q s'obtiendront par permutation de $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ cosinus directeurs des axes d'inertie.

» Les composantes de la force accélératrice, qui, agissant sur M, produira l'augmentation de quantité de mouvement $M(U' - U)$ seront

$$X, Y, Z \qquad \text{ou} \qquad X = NM(U' - U).$$

» Pour l'éther

$$X'Y'Z' \qquad \text{ou} \qquad X' = -X$$

» Le calcul des composantes X exige le calcul des sommes $\sum mx^2$. Ce calcul nécessite la connaissance de la distribution de l'éther autour du centre de M. On décrit, pour cela, une sphère de rayon 1 autour de ce centre. On considère un élément de surface $d\omega$ de centre x, y, z. Le nombre n d'atomes de cet élément sera tel que

$$(n \times m)\, d\omega = (Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dxy + 2Eyz + 2Fzx)\, d\omega = \Phi\, d\omega.$$

L'équation $\Phi = 1$ caractérise un ellipsoïde de distribution tel que, si OP est le rayon vecteur passant par x, y, z, on a

$$\frac{1}{OP^2} = n \times m.$$

» La forme de cet ellipsoïde sera donnée par les conditions de symétrie du milieu absorbant.

» On trouve facilement que, par rapport à une droite quelconque α, β, γ passant par O, pour un mouvement parallèle à Ox, on a

$$\sum mx^2 = \frac{2\pi}{15}(A + B + C + 2T), \qquad \text{où} \qquad T = \Phi(\alpha, \beta, \gamma).$$

Cette formule montre que les axes principaux d'inertie sont confondus avec les axes de l'ellipsoïde de distribution, et que, pour ces axes, on a

$$\sum mx^2 = \frac{4\pi}{15} n_1 m + \frac{2\pi}{15}(A + B + C),$$

$n_1 m$ étant le carré de l'un des demi-axes de l'ellipsoïde.

» On voit facilement que cette expression ne change pas avec l'orientation du mouvement incident de l'éther. On déduit alors

$$(4) \qquad \sum mx^2 = \frac{2\pi}{15}(3A_1 + B_1 + C_1),$$

où $\frac{1}{A_1}, \frac{1}{B_1}, \frac{1}{C_1}$ sont les carrés des demi-axes de l'ellipsoïde.

» La formule (4) donne

$$P = \varphi(A_1 + B_1 + C_1) + 2\varphi(A_1\alpha^2 + B_1\alpha'^2 + C_1\alpha''^2),$$
$$P = 2\varphi(A_1\alpha\beta + B_1\alpha'\beta' + C_1\alpha''\beta''), \qquad \text{où} \qquad \varphi = \frac{4\pi M}{15(M + \Sigma m x^2)},$$

où les α sont les cosinus directeurs des axes de l'ellipsoïde de distribution.

» Avec ces valeurs des coefficients P et p, on forme facilement les équations du mouvement de l'éther et de la matière dans tous les cas. Dans une prochaine Communication, j'indiquerai la forme de ces équations et l'explication des raies d'absorption des corps isotropes. »

CHIMIE. — *Contribution à l'étude de la structure des aciers.* Note de M. **F. Osmond.**

« La méthode de polissage en bas-relief que j'ai indiquée précédemment (séance du 9 avril) m'a fourni de nouveaux renseignements sur la structure des aciers.

» *Acier mi-dur :* C = 0,45; Si = 0,07; S = 0,016; P = 0,036; Mn = 0,35. — Si l'on chauffe ce métal à une température constante de 825°, suffisante pour que toutes les transformations du carbone et du fer pendant le chauf-

fage soient certainement accomplies, et qu'on le trempe pendant le refroidissement, à des températures décroissantes dans l'eau à 15°, la structure se modifie comme il suit.

» 1° *Trempe à* 720° (avant le commencement des transformations du fer). — Le métal est organisé en cristallites dont les éléments fibreux, plus durs à la surface qu'à l'intérieur, se disposent fréquemment en groupes parallèles aux trois côtés d'un triangle équilatéral (système cubique).

» 2° *Trempe à* 690° (pendant les transformations du fer). — La portion du fer qui était transformée avant la trempe apparaît sous la forme de lambeaux épars, creusés par le polissage. Ces lambeaux sont généralement bordés d'un constituant qui n'avait pas encore été décrit, et qui se caractérise mécaniquement par une dureté intermédiaire entre celles du fer doux et de l'acier trempé, chimiquement par sa grande oxydabilité, morphologiquement par son état amorphe.

» 3° *Trempe à* 670° (après le maximum du dégagement calorifique qui accompagne les transformations du fer). — Même structure que précédemment; seulement les lambeaux de fer doux se sont développés et rejoints de façon à former une sorte de réseau cellulaire polygonal et continu.

» 4° *Trempe à* 650° (pendant la transformation du carbone). — Le réseau de fer doux s'est encore épaissi et se résout en grains. L'aspect après polissage est à peu près celui du même acier refroidi lentement; mais l'acide azotique divise les noyaux durs en deux groupes : les uns sont analogues aux noyaux similaires du métal recuit; les autres s'attaquent assez difficilement, se colorant d'abord en jaune brun et se gravant progressivement à partir du centre.

» 5° *Trempe à* 640° (après la transformation du carbone). — La structure est très voisine de celle de l'acier recuit et refroidi lentement à partir de la même température initiale. Cette structure est d'ailleurs connue.

» Si, au lieu de faire varier la température de trempe, on fait varier la vitesse du refroidissement à partir de 720°, en prenant successivement pour bains de trempe un mélange réfrigérant, l'eau à 15°, l'eau bouillante et le plomb fondant, on obtient des résultats analogues. C'est-à-dire que le réseau de fer doux est d'autant plus développé que le refroidissement a été moins rapide. Lors même cependant qu'il n'y a pas eu trempe positive, la structure se distingue facilement de celle de l'acier recuit, par une différenciation beaucoup moins nette du fer et du carbure.

» Le revenu au bleu de l'acier trempé régénère le carbure *in situ* dans un état de grande division et sans changer la structure acquise, mais en atténuant beaucoup, bien entendu, les différences de dureté et, par suite, la netteté des préparations. A 670°, le fer et le carbure commencent à s'individualiser, le fer se rassemblant en grains que le carbure enveloppe.

» Ces différents essais permettent de suivre la diffusion du carbone de

trempe pendant le chauffage et sa concentration pendant le refroidissement ; ils précisent nos connaissances sur les relations réciproques entre les transformations de ce corps et celles du fer.

» *Acier dur :* C = 1,24 ; Si = 0,35 ; S = 0,012 ; P = 0,017 ; Mn = fortes traces. — Dans ce métal, où tous les points de transformation se réunissent en un seul à 675° pendant le refroidissement et à 705° pendant le chauffage, la diffusion du carbone de trempe se fait plus uniformément que dans les aciers de moyenne dureté et cela dans un intervalle de température plus restreint. Pour les mêmes raisons, la structure du métal trempé est plus homogène et les variations avec la température de trempe sont moins nettes. On passe plus brusquement de la trempe nulle à la trempe maximum. La trempe à 735° dans l'eau à 15° détermine déjà de fortes fissures dans une rondelle de 12^{mm}. Il est intéressant de noter qu'à cette même température, pour une vitesse de chauffage d'environ 1° par seconde, la décomposition du carbure de fer n'est pas encore complète : les choses se passent comme si le carbone dissous opposait à la dissociation de ce carbure ce qu'on pourrait appeler une certaine pression osmotique.

» *Acier manganèse à* 12 pour 100. — On sait que ce métal, sans perdre sa dureté à l'abrasion, devient beaucoup plus malléable après trempe au rouge vif ou au blanc. Le polissage en bas-relief montre que les grains de l'alliage sont entourés, après refroidissement lent, d'une enveloppe dure et, après refroidissement brusque, d'une enveloppe douce ou nulle. De là, la différence des propriétés mécaniques : la trempe agit ici en empêchant la liquation d'un carbure dur et fragile.

» *Conclusions.* — Les faits que je viens d'énumérer n'ont pas tous reçu leur explication. L'impossibilité d'isoler pour l'analyse les divers constituants de l'acier ne permet pas de les définir tous avec une précision suffisante. Il n'en reste pas moins établi que l'étude de la structure fournit, surtout pour les aciers de moyenne dureté, qui sont les plus importants, des renseignements souvent très précis :

» 1° Sur la température maximum du chauffage,

» 2° Sur la température à laquelle on a fait la trempe,

» 3° Sur la vitesse du refroidissement.

» On peut, avec ces renseignements, indépendamment de toute interprétation théorique, reconstituer après coup et corriger en conséquence, s'il y a lieu, le traitement auquel l'acier a été soumis.

» Il est toujours utile de fixer les observations par la photographie. Les grossissements de 800 diamètres sont souvent nécessaires et généralement suffisants pour les détails. »

CHIMIE. — *Réfractomètre à cuve chauffable. Application à la mesure des corps gras.* Note de M. **Féry**, présentée par M. Schützenberger.

« De même que les autres constantes physiques, l'indice de réfraction est variable avec la température. Très faible pour les solides, cette variation est au contraire assez considérable pour les liquides; or, c'est précisément pour ces derniers que la connaissance de l'indice présente le plus d'intérêt en Chimie.

» L'eau, qui a le plus petit coefficient de température, varie encore de plus de 0,00001 par degré; Jamin donne, comme représentant le phénomène, la formule empirique

$$n_t = n_0 - 0{,}0000126t - 0{,}0000019t^2.$$

» D'autres liquides, tels que l'éther et le sulfure de carbone, varient encore plus rapidement; pour ce dernier, une augmentation de 1° diminue l'indice de près de 0,001.

» Il est donc très important, quand on veut donner des chiffres supérieurs à la troisième décimale, de disposer d'un moyen simple pour maintenir le liquide à une température bien constante.

» Pour les applications des indices à la pratique, afin de rendre les mesures comparables, on doit aussi pouvoir porter facilement le liquide à une température donnée à laquelle seront faites toutes les déterminations, et qu'on pourra maintenir aisément.

» C'est pour répondre à ces besoins que j'ai muni le réfractomètre que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie (1), d'un mode de chauffage que je vais décrire. (Cette disposition permettra également, pour des expériences théoriques, d'abaisser la température de la cuve au moyen d'alcool refroidi par le chlorure de méthyle, par exemple.)

» La cuve proprement dite du réfractomètre, qui est constituée, comme on sait, d'un prisme creux de petit angle, dont les faces sont formées par des prismes lenticulaires, est enfermée dans une autre cuve à faces parallèles.

» Entre les deux parois circule un liquide porté à la température convenable par un thermostat et qui, dans le cas ordinaire, sera de l'eau.

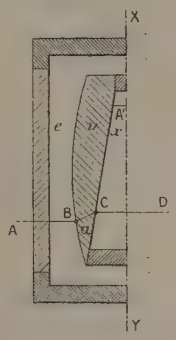
» Étudions maintenant comment agit cette cuve extérieure au point de vue de la réfraction, et voyons si sa présence ne modifie pas la proportionnalité, un des principaux avantages de l'appareil.

---

(1) *Comptes rendus*, décembre 1891.

» Tout étant symétrique de part et d'autre du plan XY, ne considérons qu'une des moitiés de l'appareil.

» Le problème revient à étudier la marche des rayons dans trois prismes en contact et dont les faces extrêmes sont parallèles.



» Remplaçons donc la lentille au point B par son plan tangent, et étudions les déviations que subit le rayon.

» La face de la cuve de chauffage étant perpendiculaire au rayon, nous n'aurons à nous occuper de la réfraction qu'aux points C et B; en ce dernier point, la déviation sera

$$\delta = \left(\frac{e}{\rho} - 1\right)(\alpha - A'). \tag{1}$$

» La condition que réalise l'appareil est de ramener le rayon réfracté C parallèle à sa direction incidente AB. Il faut donc que la déviation au point C soit égale et opposée à celle qui se produit en B,

$$-\delta = \left(\frac{x}{\rho} - 1\right)A', \tag{2}$$

ce qui donne, en égalant (1) et (2),

$$\left(\frac{e}{\rho} - 1\right)(\alpha - A') = -\left(\frac{x}{\rho} - 1\right)A',$$

ou en simplifiant

$$x - e = \alpha\left(\frac{\rho - e}{A'}\right). \tag{3}$$

» Nous avions trouvé pour l'appareil ordinaire, c'est-à-dire quand les faces de la cuve plongent dans l'air,

$$x - 1 = \alpha\left(\frac{\rho - 1}{A'}\right). \tag{4}$$

» En ajoutant aux deux membres de (3) la quantité $(e-1)$:

$$(5) \qquad (x-1)=\alpha\left(\frac{\rho-e}{A'}\right)+(e-1).$$

» Cette équation, qui est celle de l'appareil à chauffage, représente encore une droite, mais qui ne passe plus par l'origine.

» L'adjonction d'une cuve extérieure conserve donc la proportionnalité à l'appareil.

» Remarquons en outre que, pour une même cuve, la sensibilité se trouve accrue par l'immersion dans le rapport des coefficients angulaires des droites (4) et (5), soit $\frac{n-1}{n-e}$, environ 3 avec les matières employées, crown et eau.

» Au point de vue construction, ceci permet d'obtenir des sensibilités considérables avec des faces lenticulaires dont le rayon de courbure n'est pas trop grand, et qui sont, par conséquent, faciles à travailler.

» Le premier appareil réalisé dans ces conditions est destiné à l'étude des huiles et des corps gras qui demandent une température assez élevée pour être fluides et transparents. Il faut de plus, que cette température soit toujours la même et facilement reproduite; enfin on a besoin, dans ce cas d'une assez grande précision, ces corps ayant des indices très rapprochés (1,46 à 1,49). Ces diverses conditions sont très bien remplies par l'appareil modifié. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution du rhodinol de l'essence de Pelargonium*. Note de MM. **Ph. Barbier** et **L. Bouveault** (1), présentée par M. Friedel.

« La portion principale de l'essence de Pelargonium est un liquide incolore, un peu huileux, possédant une très forte odeur de roses, bouillant à 115°-116° sous 10^{mm}. Sa densité à 0° est 0,8866, et elle donne, sous une épaisseur de 20^{cm}, une déviation de $-12°28'$.

» Ce composé est un alcool, comme le montre sa transformation très facile en éther acétique. Cet acétate s'obtient aisément en chauffant à 150°-160° la solution de rhodinol dans un excès d'anhydride acétique. Il bout à 120° sous 10^{mm} et possède une odeur assez agréable; sa densité à 0° est

(1) *Voir* la Note précédente, t. CXIX, p. 281.

0,9158. En même temps que cet éther, il se fait une faible quantité d'un hydrocarbure bouillant à 60°-80° sous la même pression. Cet acétate fixe une seule molécule de brome.

» Si l'on saponifie cet éther, l'alcool régénéré a conservé le même point d'ébullition, mais son odeur s'est affaiblie en devenant beaucoup plus suave, et sa densité s'est abaissée à 0,8825. En même temps la déviation polarimétrique, sous la même épaisseur, est tombée à — 7°12′, ce qui correspond à $\alpha_D = -4°$.

» Nous avons tenté de combiner cet alcool avec l'isocyanate de phényle afin d'obtenir une phényluréthane cristallisée et caractéristique, malheureusement l'isocyanate de phényle agit comme déshydratant, et l'on n'obtient que de la diphénylurée.

» Le rhodinol du Pelargonium est un alcool primaire, car, soumis à une oxydation ménagée, il donne à la fois une aldéhyde et un acide de même condensation en carbone. Nous avons préparé ces corps en faisant tomber un mélange chromique pouvant donner O^2 sur le rhodinol du Pelargonium placé dans un ballon. Il se fait une grande quantité de produits de condensation à point d'ébullition élevé, aussi les rendements en aldéhydes et en acides sont-ils peu satisfaisants.

» L'aldéhyde bout de 105° à 108°, mais il est impossible de la séparer de l'excès d'alcool qui l'accompagne toujours. Elle possède une odeur mixte de menthe et de citron. Afin de transformer ce composé en un produit facile à purifier, nous en avons fait l'oxime qui, elle, est un liquide huileux bouillant de 140° à 150°. Traitée par l'anhydride acétique, cette oxime se change en un nitrile bouillant à 112°-113° sous 11^{mm}. Ce nitrile a pour composition $C^{10}H^{15}Az$, l'aldéhyde dont il dérive était donc bien $C^{10}H^{16}O$.

» Nous avons constaté que ce nitrile fixe une molécule de brome en solution chloroformique.

» Nous avons isolé, des produits d'oxydation du rhodinol du Pelargonium, un acide huileux à forte odeur d'acide gras bouillant à 149°-150° sous 10^{mm}. Cet acide a pour composition $C^{10}H^{16}O^2$. Nous avons préparé et analysé son sel de baryum. Il fixe en solution chloroformique une molécule de brome.

» Une oxydation plus profonde de cet alcool donne des quantités considérables de diméthylcétone, et un acide cristallisé se présente sous la forme de fines aiguilles fusibles à 100°. Cet acide a pour composition $C^7H^{12}O^4$. Il distille sans altération au-dessus de 300° à la pression ordinaire et à 205° sous 10^{mm}. Sa formation en même temps que celle d'acé-

tone est exprimée par l'équation $C^{10}H^{18}O + O^4 = C^3H^6O + C^7H^{12}O^4$. C'est un acide bibasique saturé; il ne fixe pas le brome. Nous avons établi sa bibasité par l'analyse des sels d'argent et de baryum; nous l'avons également transformé en anilide par simple ébullition avec l'aniline.

» Cette anilide forme de fines aiguilles incolores fondant à 206°-207°. Elle est assez soluble dans l'alcool, surtout à chaud, très peu soluble dans l'éther.

» Traité par l'anhydride acétique à l'ébullition, le nouvel acide bibasique fournit un anhydride qui est un liquide très visqueux bouillant à 180° dans le vide et répondant à la formule $C^7H^{10}O^3$.

» Cet acide n'a pas été décrit jusqu'ici, mais les diverses propriétés qu'on vient de signaler permettent de lui attribuer une constitution définie. Comme il ne se décompose pas et qu'il ne fournit pas d'anhydride sous l'influence de la chaleur, on peut en conclure qu'il n'appartient pas à la catégorie des acides maloniques substitués ni à celle des acides succiniques et glutariques substitués.

» L'acide pimélique normal s'en distingue par un point de fusion plus élevé (105°); de plus, le nouvel acide est doué de pouvoir rotatoire; $2^{gr},5$ dans 50^{cc} d'alcool ont fourni une déviation de $-19'$ sous 20^{cm} d'épaisseur, ce qui correspond à un pouvoir rotatoire $\alpha_D = -3°10'$.

» Nous nous proposons d'ailleurs de faire subir de nouvelles purifications à notre acide pour établir que le pouvoir rotatoire assez faible que nous avons trouvé n'est pas dû à une impureté; nous le comparerons également à l'acide pimélique normal sur lequel les données précises sont fort peu nombreuses.

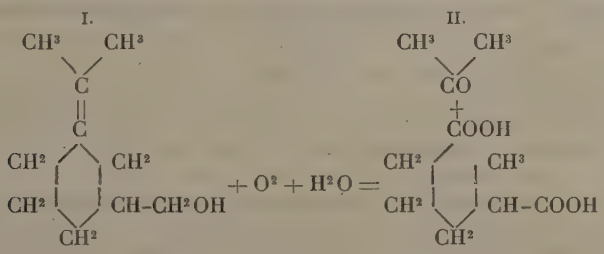
» L'acide pimélique étant écarté, on ne peut plus hésiter qu'entre les acides α et β méthyladipique; or le second est connu, il fond à 84°-85° et ne peut être confondu avec notre acide. Nous admettrons donc que nous avons entre les mains l'acide α méthyladipique; nous ajouterons qu'une tentative pour reproduire synthétiquement cet acide n'a pas abouti.

» Les alcools isomériques du rhodinol du Pelargonium, lémonol (géraniol), licarhodol, avec lesquels il a été jusqu'ici confondu, perdent aisément 1 molécule d'eau pour donner naissance à des terpènes $C^{10}H^{16}$. L'alcool que nous venons d'étudier s'en distingue par une conduite très différente. Le bisulfate de potassium le transforme en produits visqueux à point d'ébullition très élevé, des oxydes sans doute, et ne donne qu'une très faible quantité d'hydrocarbure qui n'a pu être encore étudié.

» L'acide chlorhydrique qui éthérifie si facilement à froid ses isomères

ne l'attaque qu'à chaud; le chlorhydrate ainsi obtenu, chauffé avec l'acétate de potassium, régénère l'acétate de rhodinol, tandis que les éthers chlorhydriques de ses isomères, traités de même, fournissent un terpène; le produit obtenu à l'aide du perchlorure de phosphore se comporte de même.

» Les expériences qui précèdent établissent que le Rhodinol de l'essence de Pelargonium est un alcool primaire répondant à la formule $C^{10}H^{18}O$, contenant une seule liaison éthylénique, ainsi que le montre l'action du brome sur son éther acétique, sur l'acide monobasique provenant de son oxydation ménagée et sur le nitrile de ce dernier; c'est donc un composé cyclique. De plus, l'existence du pouvoir rotatoire chez l'alcool et ses dérivés implique l'existence d'un atome de carbone asymétrique. La facilité avec laquelle il fournit à l'oxydation à la fois de l'acétone et de l'acide α méthyladipique nous conduit à attribuer provisoirement à ce corps la formule de constitution I.



» Par oxydation, ce corps se change en l'acide monobasique correspondant, puis en acide bibasique et diméthylcétone. »

CHIMIE. — *Action du chlorure de thionyle (acide chlorosulfureux) sur quelques composés minéraux et organiques.* Note de M. **Ch. Moureu**, présentée par M. Friedel.

« Le chlorure de thionyle (acide chlorosulfureux) $SOCl^2$, chlorure d'acide qui correspond à l'acide sulfureux hypothétique $SO\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}$, a été, dans ces dernières années, l'objet d'un certain nombre de travaux. Avec les amines primaires, notamment, il a donné à M. Michaëlis les thionamines $SO = AzR$; en réagissant sur l'acide acétique, il produit du chlorure d'acétyle (Béhal et Auger).

» Il m'a paru intéressant de rechercher quel serait son mode d'action sur quelques composés particuliers, tant minéraux qu'organiques, renfer-

mant des groupes OH. Dans le présent travail, j'étudie l'action du chlorure de thionyle sur les acides minéraux, sur les acides oxalique et formique, et sur les aldoximes. Ainsi qu'on va le voir, le chlorure de thionyle se conduit tantôt comme agent de déshydratation, à la façon de l'anhydride acétique (aldoximes) ou même de l'acide sulfurique (acides oxalique et formique), tantôt comme agent chlorurant, à la façon des chlorures de phosphore (acides minéraux). Il fournit, en effet : 1° avec les acides minéraux, les chlorhydrines correspondantes (monochlorhydrine et pyrodichlorhydrine avec l'acide sulfurique); 2° avec les aldoximes, les produits de déshydratation immédiats ou nitriles. Quant aux acides oxalique (oxalates) et formique, ils donnent, avec le chlorure de thionyle, les mêmes produits qu'avec l'acide sulfurique; en d'autres termes, l'acide oxalique est décomposé, avec formation de gaz carbonique et d'oxyde de carbone, et l'acide formique avec production d'oxyde de carbone. Toutes ces réactions sont accompagnées d'un dégagement d'acide chlorhydrique et de gaz sulfureux à volumes égaux. (Il va sans dire que, dans le cas des oxalates, il se forme, non pas HCl, mais un chlorure métallique.)

» *Acide sulfurique.* — Je me suis servi d'acide ayant rigoureusement pour densité 1,84. Il a été préparé en redistillant, dans une cornue de platine, l'acide pur du commerce, et l'on n'a utilisé que la seconde moitié du produit distillé.

» On verse dans un ballon de l'acide sulfurique (20^{gr}), et un excès de $SOCl^2$ (50^{gr}). Il se dégage aussitôt SO^2 et HCl. La réaction, qui a lieu sans échauffement sensible, se poursuit régulièrement, jusqu'à ce que tout l'acide sulfurique ait été attaqué, ce que l'on reconnaît à la disparition de la couche inférieure.

» Le liquide est immédiatement distillé. La plus grande partie passe entre 130° et 157°. Il est impossible, même après un grand nombre de rectifications, d'obtenir un produit bouillant à point fixe. On se trouve, en effet, en présence d'un mélange de monochlorhydrine $SO^2\begin{matrix}OH\\Cl\end{matrix}$, bouillant à 158° et de pyrodichlorydrine $\begin{matrix}SO^2\diagup Cl\\ \quad\quad O\\SO^2\diagdown Cl\end{matrix}$, bouillant à 130°. Ce fait a été établi par une série de dosages de chlore effectués sur des portions passant à diverses températures :

	Cl pour 100.
Portion passant à 138°-145°	32,08
» 145-150	32,25
» 150-153	32,35
» 153-156	32,66
Calculé pour la monochlorhydrine	30,47
» pyrodichlorhydrine	33,03

» Ces chiffres montrent qu'il s'est formé à la fois de la monochlorhydrine et de la

pyrodichlorhydrine, avec prédominance de cette dernière. Comme ces deux composés, d'ailleurs, les produits analysés fument abondamment à l'air et réagissent sur l'eau avec une grande énergie.

» Les équations suivantes rendent compte des deux réactions :

1° $$SOCl^2 + SO^4H^2 = SO^3 + HCl - \underbrace{SO^2\begin{matrix}OH\\Cl\end{matrix}}_{\text{Mono-chlorhydrine.}}$$

2° $$2SO^4H^2 + 3SOCl^2 = 3SO^3 + 4HCl + \underbrace{\begin{matrix}SO^2\begin{matrix}Cl\\\diagdown\\O\\\diagup\\Cl\end{matrix}SO^2\end{matrix}}_{\text{Pyrodi-chlorhydrine.}}$$

» *Acide azotique.* — Le chlorure de thionyle réagit violemment sur l'acide azotique, fumant ou ordinaire; la température s'élève notablement, et l'expérience peut être dangereuse si l'on opère sur plusieurs grammes d'acide; il se dégage d'abondantes vapeurs nitreuses, et le liquide provenant de la réaction précipite immédiatement par le chlorure de baryum.

» Cette action énergique est facile à expliquer. Il se forme d'abord du chlorure d'azotyle AzO^2Cl, avec production de SO^2 et de HCl; puis HCl, au contact de l'acide azotique en excès, forme de l'eau régale, qui transforme SO^2 en acide sulfurique.

» *Acides orthophosphorique, métaphosphorique, borique.* — On s'est servi d'acide orthophosphorique, PO^4H^3 cristallisé et séché avec du papier buvard, d'acide métaphosphorique PO^3H concassé et sec, et d'acide borique BO^3H^3 finement pulvérisé et également sec.

» Si l'on chauffe ces trois acides avec un excès de $SOCl^2$ à l'ébullition, ils sont immédiatement attaqués, avec dégagement de SO^3 et HCl. Mais la réaction s'arrête bientôt. En effet, l'attaque de l'acide PO^3H, difficile à obtenir en poudre fine, est forcément limitée par l'insuffisance des points de contact; quant aux acides PO^4H^3 et BO^3H^3, ils ne tardent pas à former des produits de condensation chlorés inattaquables par $SOCl^2$. Notons cependant, dans le cas des acides phosphoriques, la formation, en très petite quantité, d'un produit volatil qui a été obtenu mélangé à un grand excès de $SOCl^2$, et qui donne, avec le molybdate d'ammoniaque, la réaction caractéristique de l'acide phosphorique.

» *Acide oxalique.* — Il résulte des expériences de M. Auger que le chlorure de thionyle ne réagit pas sur l'acide oxalique, même à la température de l'ébullition. J'ai constaté qu'il n'en était pas de même avec les oxalates métalliques. Les oxalates de soude, de plomb, de mercure, d'argent, que j'ai étudiés de préférence parce qu'ils ne renferment pas d'eau d'hydratation, sont décomposés par $SOCl^2$, avec formation de chlorure métallique, et mise en liberté de CO, CO^2 et SO^2. La réaction est très vive avec les oxalates d'argent et de mercure; il est nécessaire, pour la régulariser, de diluer le chlorure de thionyle dans un grand excès de dissolvant, éther absolu ou benzène. L'oxalate de plomb s'échauffe au contact de $SOCl^2$, et la température s'élève bientôt

jusqu'au point d'ébullition de ce dernier. Avec l'oxalate de soude, la réaction n'a lieu que si l'on chauffe le mélange vers 80°. Dans aucun cas, on n'a pu observer la production de la moindre trace de chlorure d'oxalyle CO Cl — CO Cl, de sorte que l'équation générale de la réaction est la suivante :

$$CO\,OM - CO\,OM + SO\,Cl^2 = SO^2 + CO + CO^2 + 2\,MCl.$$

» *Acide formique.* — On met en contact molécules égales d'acide formique cristallisable et de $SOCl^2$. Il y a immédiatement dégagement de CO, HCl et SO^2. Lorsque la réaction est complète, comme tous les produits formés sont gazeux, toute trace de liquide a disparu dans le vase où l'on fait l'opération.

» L'équation est la suivante :

$$H - CO\,OH + SO\,Cl^2 = SO^2 + CO + 2\,HCl.$$

» *Aldoximes.* — Le chlorure de thionyle réagit violemment, à froid, sur les aldoximes, en produisant un bruit strident tout particulier. L'action est moins vive et très régulière, si l'on opère en présence d'un dissolvant neutre, comme le benzène.

» Dans une solution benzénique d'oxime au dixième portée à l'ébullition, on fait couler goutte à goutte la quantité calculée de $SOCl^2$ dilué dans son poids de benzène. Il se dégage SO^2 et HCl. Lorsque l'attaque est terminée, on distille, pour séparer le $SOCl^2$ et le benzène en excès, et on soumet le résidu à la rectification.

» L'aldoxime benzylique $C^6H^5 - CH = AzOH$, ainsi traitée, a donné, avec un rendement de 70 pour 100, le nitrile benzoïque $C^6H^5 - CAz$, bouillant à 189°-191°. J'ai caractérisé ce dernier en le transformant en éther benzoïque, bouillant à 210°-212°, lequel, saponifié, a donné l'acide benzoïque, fusible à 121°.

» L'aldoxime isovalérique $C^4H^9 - CH = AzOH$ a fourni, avec un rendement de 48 pour 100, le nitrile isovalérique C^4H^9CAz, liquide à odeur éthérée, distillant à 126°-128°. (Densité de vapeur prise à 183° dans la vapeur d'aniline, 3,00; calculé, 2,88.)

» L'aldoxime œnanthylique $C^6H^{13} - CH = AzOH$ a donné, avec un rendement de 62 pour 100, le nitrile œnanthylique, liquide bouillant à 178°-180°. (Densité de vapeur prise à 310° dans la vapeur de diphénylamine 3,61; calculé, 2,84. Il y a une légère décomposition.)

» En résumé, le chlorure de thionyle, en réagissant sur les aldoximes, produit les nitriles, d'après l'équation générale

$$R - CH = AzOH + SO\,Cl^2 = SO^2 + 2\,HCl + R - CAz. \text{ »}$$

CHIMIE. — *Sur la stabilité des solutions aqueuses de bichlorure de mercure.* Note de M. **E. Burcker**, présentée par M. Friedel (¹).

« Dans une nouvelle série d'expériences, j'ai déterminé la stabilité des solutions aqueuses de bichlorure de mercure, préparées avec de l'eau ordinaire et additionnées de faibles proportions d'acide chlorhydrique ou

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 1345.

d'acide tartrique. J'ai recherché, en outre, si le carmin d'indigo, avec lequel on a continué de colorer ces solutions, exerce sur elles une action décomposante.

» I. 1^{gr} de bichlorure de mercure a été dissous dans 1000^{cc} d'eau de mon laboratoire (1) : cette dissolution, additionnée de 5^{cc} d'acide chlorhydrique de D = 1,115, et analysée immédiatement après sa préparation, contenait exactement $0^{gr},917$ de bichlorure de mercure et $1^{gr},14$ d'acide chlorhydrique gazeux par litre.

» Trois volumes égaux de 500^{cc} de cette solution ont été conservés : le premier, A, dans un vase ouvert et exposé à l'action de l'air et de la lumière; le deuxième, B, dans un ballon fermé et exposé à l'action de la lumière; le troisième, C, dans un ballon fermé placé dans l'obscurité. L'examen de ces trois solutions, effectué au bout de quinze jours, a donné les résultats suivants. En A, pas de dépôt apparent; légère couche grisâtre à la surface du liquide :

Bichlorure de mercure...	$0^{gr},909$ pour 1000	Perte.....	$0^{gr},008$ pour 1000

» En B, pas de dépôt; la solution est parfaitement limpide :

$HgCl^2$.....	$0^{gr},914$ pour 1000	Perte.....	$0^{gr},003$ pour 1000

» En C, pas de dépôt; solution limpide :

Bichlorure de mercure...	$0^{gr},916$ pour 1000	Perte.....	$0^{gr},001$ pour 1000

» Donc : « les solutions étendues de bichlorure de mercure, préparées avec de l'eau ordinaire, additionnée d'une faible proportion d'acide chlorhydrique, ne subissent que des altérations insignifiantes lorsqu'elles sont conservées au contact de l'air et de la lumière; elles sont inaltérables lorsqu'on les soustrait à cette double influence. »

» Des expériences absolument semblables, faites avec des solutions de bichlorure de mercure au $\frac{1}{1000}$, additionnées de $0^{gr},5$ d'acide tartrique par litre, m'ont permis de constater que ce dernier acide exerçait sur ces solutions la même action que l'acide chlorhydrique.

---

(1) Cette eau avait en ce moment la composition suivante :

Degré hydrotimétrique	20°,5
Chaux totale	167^{mm}
Carbonate de chaux	164^{mm}
Chlore	$6^{mm},3$
Oxygène dissous	$9^{mm},6$
» » (après 24 heures)	$9^{mm},0$
Matières organiques (en O absorbé)	$0^{mm},735$
Résidu à 100°	288^{mm}
» après calcination	216^{mm}

» II. *Action du carmin d'indigo.* — Une solution au $\frac{1}{10}$ de bichlorure de mercure dans l'eau distillée contenant exactement $99^{gr},32$ de $HgCl^2$, $5o^{gr}$ d'acide tartrique et $o^{gr},5$ de carmin d'indigo par litre, a été examinée après quinze jours d'exposition à la lumière, dans un ballon fermé; au bout de ce temps le liquide était parfaitement limpide, sans aucune trace de dépôt et la dissolution contenait $99^{gr},28$ de bichlorure par litre.

» Un deuxième volume de cette solution, égal au premier et conservé pendant le même temps, à l'abri de la lumière, ne présentait pas non plus de caractères d'altération; la proportion de bichlorure y était de $99^{gr},16$ pour 1000.

» J'ai observé des résultats analogues avec des solutions beaucoup plus étendues (au $\frac{1}{100}$ et au $\frac{1}{1000}$), colorées à l'aide du carmin d'indigo.

» Le carmin d'indigo n'exerce donc aucune action décomposante sur les solutions acides de bichlorure de mercure préparées à l'aide de l'eau distillée, même lorsqu'elles restent exposées à l'action de la lumière. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'oxydation des moûts de bière.* Note de M. **P. Petit.**

« Dans une précédente Communication, j'ai examiné les conditions d'oxydation du moût de bière en pratique; j'ai cherché ensuite à déterminer comment on pouvait diriger l'injection directe d'air de manière à reproduire les mêmes phénomènes, et à reconnaître sur quels principes du moût portait l'oxydation.

» Le volume de gaz sortant d'un oxygénateur d'une contenance de 400^{lit} était mesuré à l'aide d'un compteur, et les analyses de gaz dissous faites à l'aide de la trompe à mercure, les gaz recueillis étant mesurés à 17° sous une pression de 740^{mm}. Les quantités d'air nécessaires varient naturellement avec la concentration du moût; mes essais ont été effectués avec du moût à 10 à 12 pour 100 extrait.

» Dans ces conditions, on est arrivé aux résultats suivants par litre :

		Volume total.	CO^2.	O.	Az.	
		cc	cc	cc	cc	
I.	Aération par diffusion avec une petite ouverture.....	8,5	2,5	1,3	4,2	Moût à 12,5 Ball.
	Aération 30 minutes à 16°..	16,9	6,06	2,5	8,34	
II.	Aération 10 minutes à chaud.	7,8	2,4	1,1	4,3	
	Aération complémentaire 17^{mn} à 18°.....	17,9	5,8	3,66	8,44	Moût à 10° Ball.

» On reconnaît que, pour le moût n° II, l'oxydation et l'aération sont complètes, puisque la dose d'oxygène dissous est normale, et présente avec le volume d'azote le rapport de $\frac{1}{2}$. Ces chiffres concordent d'ailleurs avec ceux qui ont été publiés antérieurement, en tenant compte de la concentration, puisque nous opérons ici avec du moût à 10°, tandis que le moût recueilli en pratique représentait près de 15° Balling.

» Comme le volume d'air injecté était de 110^{lit} par minute sous une pression de $0^{kg},6$, sur un volume de 400^{lit}, nous pouvons en déduire que l'on obtient une oxydation et une oxygénation suffisantes en injectant à chaud ou à froid un volume de 750^{lit} d'air par hectolitre de moût, avec une vitesse d'environ 110^{lit} par minute.

» L'exemple du moût n° I montre qu'une partie de l'air doit être injectée à chaud, puisque, avec une aération de 30 minutes à 16°, on n'arrive pas à une saturation complète.

» L'oxydation porte, non seulement sur les principes du houblon, mais encore sur des éléments du moût lui-même; en effet, sur un même moût on a trouvé :

Avant houblon.	Vol. total.	CO^2.	O.	Az.
	cc	cc	cc	cc
Chaudière saturée d'air à froid.	30,1	3,8	4,8	11,5
Moût houblonné, saturé à froid.	20	5,8	4,87	9,33
Aéré 10 minutes à chaud et 17 min. à 18°.	17,9	5,8	3,66	8,44

» Sur $5^{cc},8$ d'acide carbonique provenant d'oxydation, $3^{cc},8$, c'est-à-dire près des $\frac{2}{3}$, doivent être attribués aux éléments du moût, et $\frac{1}{3}$ seulement aux principes du houblon. Cet essai montre encore que l'oxydation obtenue par une aération de 10 minutes à chaud et 17 minutes à froid, à raison de 750^{lit} par hectolitre de moût clair, est normale.

» Cette oxydation des principes du moût est très faible à basse température, et s'active surtout par l'ébullition; en effet, tandis que le moût pris dans la cuve-matière à 60° environ donne par litre 2^{cc} gaz dissous, dont $0^{cc},11$ CO^2 seulement, et après saturation d'air $16^{cc},5$ gaz dont $2^{cc},1$ CO^2, il fournit après ébullition et saturation d'air $20^{cc},1$ gaz dont $3^{cc},8$ CO^2. Il reste à déterminer quels sont les éléments des moûts de saccharification susceptibles de s'oxyder par l'air (1). »

---

(1) Travail fait à l'École de Brasserie de la Faculté des Sciences de Nancy.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Mécanisme de l'influence des substances toxiques agissant à titre de causes secondes dans la genèse de l'infection.* Note de MM. **Charrin** et **Duclert**, présentée par M. Ch. Bouchard.

« Pour triompher des résistances de l'organisme, les microbes réclament fréquemment des auxiliaires. Des substances toxiques, on le sait, peuvent être au nombre de ces agents auxiliaires. Cette notion, qui se dégage des observations les plus anciennes, a reçu la consécration de l'expérimentation.

» Toutefois, les auteurs (1) qui se sont occupés de cette question se sont bornés, pour la plupart, à enregistrer ou à reproduire les faits, sans s'efforcer de pénétrer dans l'intimité de leur mécanisme. MM. Roger et Monti ont pourtant montré que, dans ces circonstances, les poisons bactériens intervenaient en agissant sur l'ensemble de l'économie plus encore que localement. M. le professeur Bouchard, qui, le premier, a vu combien ces poisons étaient nuisibles, quand ils pénétraient peu d'instants après le virus, seul est allé plus loin, en prouvant que ces toxiques s'opposaient aux activités phagocytaires.

» Chaque jour, des données nouvelles étendant, en pareille matière, l'influence désormais incontestable des différentes intoxications, il nous a paru intéressant d'élucider le mécanisme de cette influence.

» *Expérience I* (2). — Le 5 juillet 1894, deux cobayes, A et B, reçoivent, chacun sous la peau, 2^{cc} d'une culture peu active du bacille pyocyanogène. Au même moment, on injecte dans le tissu cellulaire de B, loin de l'inoculation, 0^{cc},5 d'acide lactique dilué au tiers.

» Le lendemain, on sème un égal volume du foie de ces cobayes sacrifiés sur des plaques d'agar, après lavage des viscères.

» Le 8 juillet, on compte neuf colonies sur la gélose qui a reçu les tissus de A; sur celle qui a été ensemencée avec ceux de l'animal infecté et intoxiqué, on observe de nombreux îlots se fusionnant en une longue traînée.

» *Expérience II.* — On remplace l'acide lactique par 1^{cc} d'alcool absolu étendu de moitié. — On enregistre des résultats analogues.

---

(1) Parmi les principaux travaux relatifs à ce sujet, il convient de rappeler soit ceux de M. Arloing, de MM. Roux et Nocard sur la reviviscence du virus du charbon symptomatique par l'acide lactique, soit les recherches de MM. Charrin, Platania, Wurtz, Maurel, etc.

(2) Ces expériences ont été poursuivies au laboratoire de M. le professeur Bouchard.

» Dans d'autres expériences, nous avons injecté de l'acétate de plomb, du bichlorure de mercure, de la tuberculine, de la malléine, des toxines pyocyaniques, utilisant ainsi des poisons inorganiques ou des corps pouvant dériver soit de la vie de nos cellules, soit de celle des bactéries. Dans l'immense majorité des cas, un fragment donné de l'un des viscères d'un animal intoxiqué a fait apparaître plus de colonies qu'une même parcelle de l'organe similaire d'un cobaye inoculé, mais non empoisonné.

» Les faits établissent donc que l'intoxication agit sur l'élément quantité, lorsqu'elle influence un virus. -- Il convenait, dès lors, de rechercher si elle ne modifiait pas la qualité.

» *Expérience III.* — Le 10 juillet, on injecte, sous la peau d'un cobaye, quelques gouttes d'une culture pyocyanique obtenue en semant le sang de l'animal A de l'expérience I; un cobaye D reçoit la culture correspondante faite avec le sang du sujet B de cette expérience I.

» On fait pénétrer des doses identiques, estimant que la durée de ces cultures, effectuées dans 4^{cc} de bouillon, permettait de négliger l'inégalité de richesse microbienne des semences initiales, inégalité d'ailleurs rendue insignifiante par le peu de volume de ces semences.

» Le cobaye C succombe le 12 juillet; le second, contaminé par le bouillon fertilisé à l'aide des humeurs d'un animal empoisonné, meurt le 14.

» *Expérience IV.* — On cultive le microbe du pus bleu sur des milieux additionnés d'acide lactique à 2 pour 1000. — On reconnaît que la sécrétion des pigments est entravée.

» On inocule à un cobaye E 2^{cc} de cette culture contenant de l'acide lactique; il résiste durant six jours. — La culture normale tue, à cette dose, en quarante-huit heures (1).

» Ces résultats amènent à conclure que les poisons utilisés, comme autorisaient à le prévoir leurs propriétés antiseptiques, tendent à diminuer la qualité du virus.

» Ainsi, chez les sujets intoxiqués, les bactéries, sans acquérir plus de virulence, se multiplient plus aisément que chez les animaux contaminés par ces bactéries, mais exempts d'intoxication.

» Cette action sur le virus est-elle directe ou dérive-t-elle d'une modification du terrain? — L'absence d'exaltation du côté de l'élément qualité permet, dans une certaine mesure, de rejeter la première hypothèse et de supposer qu'on se trouve en présence d'une perturbation de l'économie retentissant sur ce virus. Toutefois, en pareille matière, l'expérimentation seule légitime une conclusion.

---

(1) Chacune de ces expériences a été répétée plusieurs fois; le défaut d'espace nous oblige à ne rapporter que quelques types.

» On est ainsi logiquement conduit à rechercher l'explication de cet excès de quantité dans l'examen des changements possibles survenus dans l'organisme sous l'influence de l'introduction des toxiques.

» *Expérience V.* — Le 11 juillet 1894, on injecte 3cc d'une culture du bacille du pus bleu dans le tissu sous-cutané de deux lapins également vaccinés contre ce bacille; à ce niveau, on place des cellules de Ziegler, puis on fait pénétrer, dans le derme de l'un de ces lapins, loin de l'inoculation, 1cc d'alcool et $\frac{1}{2}$ d'acide lactique dilué.

» Une, deux, trois, quatre heures après, on constate que, dans les tissus de l'animal empoisonné, les microbes sont plus abondants, les cellules migratrices plus rares, la phagocytose plus discrète.

» L'immunité de cet animal a, du reste, complètement fléchi; il est mort au bout de cinq jours; le second a résisté.

» *Expérience VI.* — Le 12 juillet, on saigne deux lapins vaccinés, dont l'un vient d'être intoxiqué.

» Leurs sérums ensemencés sont également bactéricides.

» La conclusion imposée par ces expériences, c'est que les corps toxiques mis en jeu amoindrissent la défense de l'économie luttant contre les agents pathogènes.

» Des deux principaux moyens de protection actuellement les plus connus, la phagocytose et l'état bactéricide, le premier semble être le seul compromis, du moins dans les conditions fixées par nous (1).

» Or, si, chez un animal donné, la destruction microbienne due à cette phagocytose n'a pas lieu, alors qu'elle se réalise chez un témoin, il est clair que, chez cet animal, les microbes ne tarderont pas à être plus abondants que chez ce témoin. — En définitive, on est en présence d'une perturbation frappant l'organisme et réagissant par voie indirecte sur le virus.

» En somme, nos recherches généralisent le rôle des poisons dans la genèse de l'infection; elles montrent qu'un virus, en vertu de l'action antiphagocytaire toxique, gagne en nombre sans devenir plus virulent. C'est, en dernière analyse, cette augmentation de nombre qui le rend, ici, plus redoutable, un virus valant principalement soit par sa qualité, soit par sa quantité. »

---

(1) Cette atténuation est-elle due à ce que les phagocytes ne peuvent librement sortir des capillaires, en raison de certaines propriétés vaso-motrices attribuées à quelques-uns des principes utilisés par MM. Bouchard, Gley et Charrin? Dépend-elle de ce que les toxiques employés lèsent ces phagocytes, etc.? On ne peut ici que poser des questions touchant ces sujets. — Dans l'immunité pyocyanique, les antitoxines sont sans grande importance; nous les avons laissées de côté.

PHYSIOLOGIE. — *Sur des lois nouvelles de la contraction pupillaire.* Note de M. **Ch. Henry**.

« Lambert a cherché à déterminer la relation qui existe entre l'ouverture de la pupille, la clarté de l'image rétinienne et la grandeur de l'image; il a représenté les résultats de ses expériences par l'équation

$$\frac{a-x}{\eta} = \frac{\gamma y^2}{\alpha + y^2} = \frac{\gamma x^2}{\alpha + x^2},$$

dans laquelle a désigne un nombre proportionnel à la surface de l'iris, x un nombre proportionnel à l'ouverture de la pupille, η un nombre proportionnel à la surface de l'image rétinienne, y la clarté de l'image qui, en égalant une constante à l'unité, devient égale à x, α et γ deux constantes.

» Lambert suppose que la fraction $\xi = \frac{a-x}{\eta}$, la part contributive de chaque élément rétinien à la contraction totale, est la même pour tous les éléments; en réalité, cette fraction ne représente qu'une moyenne; ξ ne dépend pas seulement de y, mais encore de η.

» J'ai d'abord répété les expériences de Lambert, dans lesquelles y et η varient simultanément, en considérant, à des distances différentes, une ouverture circulaire découpée dans le volet d'une chambre noire, et en mesurant ma pupille immédiatement après chaque expérience au pupillomètre de Robert Houdin; Lambert mesurait également sa pupille dans un miroir après chaque expérience : j'ai constaté que ξ, en adoptant pour a la valeur de Lambert $\overline{10^{mm},6}^2$, croît plus vite avec y qu'il ne l'avait trouvé.

» A propos du calcul de ces expériences, il convient de remarquer que le diamètre observé de la pupille n'est pas le diamètre vrai, mais l'image de ce dernier fournie par l'humeur aqueuse, c'est-à-dire multipliée par $\frac{8}{7}$; d'autre part, l'éclairement de la rétine est proportionnel, non pas à la surface vraie de la pupille, mais à la surface de l'image donnée par l'humeur aqueuse; cette quantité de lumière en effet est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la section utile du faisceau incident; ce faisceau, cylindrique dans l'air, devient conique après réfraction et s'appuie sur les bords de la pupille; par conséquent, le faisceau incident prolongé s'appuiera sur les bords de l'image de l'iris donnée par l'humeur aqueuse.

» J'ai entrepris ensuite deux séries d'expériences : 1° en faisant varier y et conservant η constant; 2° en faisant varier η et conservant y constant.

Je mesurais ma pupille *simultanément* en regardant à travers les trous du pupillomètre. Dans ce cas, l'image rétinienne d'un cercle n'est plus circulaire; les cercles de diffusion découpent dans l'objet deux lunules lumineuses dont la surface $2\sigma = \eta$ est donnée par la formule

$$2\sigma = \pi r^2 - \frac{2}{3}\frac{r^3}{\rho} + \frac{1}{24}\frac{r^5}{\rho^3},$$

r étant le rayon de l'image, ρ le rayon du cercle de diffusion, que l'on démontre être égal au rayon de l'image de la pupille donnée par le cristallin, image plus grande que la pupille vraie dans le rapport $\frac{19}{18}$ et plus petite que la pupille observée dans le rapport $\frac{1}{1,08}$.

» Pour faire varier y en conservant η constant, j'ai adapté au pupillomètre un tube de 150^{mm} de long, terminé par un verre dépoli, que j'ai placé à des distances variables d'une ouverture circulaire découpée dans le volet. De ces expériences, il ressort que :

» I. *La part contributive moyenne de chaque élément rétinien à la contraction pupillaire augmente d'abord très vite, puis très lentement, quand l'éclat rétinien d'une même image augmente.*

» Pour faire varier η en conservant y constant, il suffisait de se placer à des distances différentes de l'ouverture circulaire découpée dans le volet, y, pour les distances un peu grandes, dépendant, dans de très faibles limites, de la distance, comme cela ressort de son expression

$$\gamma = \frac{i\omega}{15^2}\left(\frac{p}{p-20}\right)^2,$$

dans laquelle i désigne l'éclat de l'objet, ω la surface du trou du pupillomètre, p la distance de l'objet, 15 la distance en millimètres du centre optique à la rétine, 20 la distance du centre optique au foyer antérieur.

» De ces expériences, il ressort que ξ varie en raison inverse de η; la courbe est une hyperbole équilatère; autrement dit :

» II. *La part contributive moyenne de chaque élément rétinien à la contraction pupillaire varie en raison inverse de la surface impressionnée :* les éléments centraux (les moins sensibles) sont les plus constricteurs.

» On sait que l'ouverture pupillaire diminue quand l'éclat rétinien augmente; par là même la surface impressionnée diminue; mais, quand cette surface diminue, l'ouverture pupillaire, d'après la seconde série d'expériences, tend à augmenter; donc :

» III. *Il existe pour la contraction pupillaire un de ces mécanismes régula-*

teurs, dont on constate l'existence dans d'autres domaines du système nerveux et qui tendent à assurer la stabilité de l'organisme.

» Dans les calculs de ces deux dernières séries d'expériences, j'ai adopté pour a la valeur $\overline{13^{mm}}^2$, c'est-à-dire le carré de la valeur du diamètre de l'iris indiquée par les anatomistes. »

HYGIÈNE PUBLIQUE. — *L'emploi du bec Auer peut-il produire un empoisonnement partiel* (1)? Note de M. **N. Gréhant.**

« Dans un Mémoire que j'ai eu l'honneur de lire à l'Académie le 9 juillet dernier, j'ai indiqué la présence, dans les produits de la combustion d'un bec Auer, d'une faible proportion d'oxyde de carbone, égale à $\frac{1}{4300}$ environ.

» Je me suis demandé alors s'il est possible de reconnaître, chez un animal qui respire dans une chambre fermée, éclairée pendant plusieurs heures par un bec Auer, un commencement d'empoisonnement par l'oxyde de carbone. En d'autres termes, la quantité de ce gaz qui est mélangée avec les autres produits de la combustion peut-elle donner, dans l'air confiné, une proportion d'oxyde de carbone suffisante pour que ce gaz soit fixé par le sang?

» L'expérience seule pouvait répondre à cette question, et voici comment je l'ai réalisée en imitant l'expérience classique et fondamentale de Félix Leblanc.

» Dans la matinée, je découvre chez un chien de forte taille pesant 20^{kg} l'une des artères carotides, j'aspire un volume de sang égal à 42^{cc} qui est injecté dans mon appareil servant à l'extraction des gaz, dont le récipient a reçu d'abord 100^{cc} d'acide acétique privé de gaz par l'ébullition; le sang a donné un volume d'acide carbonique égal à $19^{cc},25$ et une réduction à mon grisoumètre de 1,7 division, due au gaz combustible du sang normal.

» Je fais placer sur une table, au milieu d'une chambre dont la capacité est égale à 51^{mc}, un bec Auer neuf qui est allumé et qui brûle avec une grande régularité et un vif éclat. L'animal est attaché dans la même chambre à 1^m environ du bec: il respire les produits de la combustion, qui se mélangent avec l'air de la pièce.

» Sept heures après le début de l'expérience, on fait une seconde prise de sang artériel, qui a donné $19^{cc},85$ d'acide carbonique, c'est-à-dire seulement $0^{cc},6$ en plus; au grisoumètre, j'ai obtenu une réduction égale à 2,2; retranchons 1,7 venant du sang

(1) Travail du laboratoire de Physiologie générale du Muséum d'Histoire naturelle.

normal, il reste 0,5 correspondant à l'oxyde de carbone extrait du sang, ce qui représente $0^{cc},065$ d'oxyde de carbone ou $0^{cc},15$ de ce gaz dans 100^{cc}.

» Si j'appliquais la loi d'absorption au bout d'une demi-heure, ne connaissant pas encore ce que devient l'absorption au bout de sept heures, je trouve que ce très petit volume d'oxyde de carbone correspondrait à la présence de $\frac{1}{36000}$ d'oxyde de carbone dans l'air, ce qui est une proportion absolument négligeable.

» Je conclus de cette expérience que *l'emploi d'un bec Auer ne peut pas produire d'empoisonnement.* »

ZOOLOGIE. — *Sur la transformation des Paguriens en crabes anomoures de la sous-famille des Lithodinés.* Note de M. **E.-L. Bouvier**, présentée par M. A. Milne-Edwards.

« Il est peu de Crustacés décapodes qui, à première vue, diffèrent autant des Paguriens que les Lithodes : avec leur carapace large et très calcifiée, leur rostre saillant, leur abdomen replié et aplati, ils ressemblent tout à fait à des Crabes et ne rappellent en rien ces Crustacés allongés et à abdomen mou qu'on nomme indifféremment *Pagures* ou *Bernards-l'Ermite*. En dépit de ces dissemblances frappantes, les affinités de ces animaux sont très réelles et l'on sait aujourd'hui, grâce surtout aux recherches de M. Boas, que les Lithodinés sont des Paguriens transformés en Crabes anomoures. Mais on ignorait jusqu'ici, au moins en ce qui concerne l'abdomen, le mécanisme de cette transformation, et c'est pour combler cette lacune que j'ai entrepris les recherches consignées dans la présente Note, à l'aide des collections du Muséum d'Histoire naturelle.

» Malgré les différences extérieures, les Crustacés du genre *Hapalogaster* (*H. cavicauda*) sont, à tous égards, les Lithodinés les plus voisins des *Eupagurus*, c'est-à-dire des Bernards-l'Ermite. Ils ont, comme eux, un abdomen en grande partie membraneux et, sur la face dorsale de cet abdomen, un certain nombre de plaques plus ou moins calcifiées : une en avant qui correspond au 1er segment abdominal, deux en arrière qui sont celles des 6^{e} et 7^{e} segments, enfin, en avant de ces dernières, deux ou trois paires successives de petites pièces qui correspondent aux segments 3, 4 et 5 de l'abdomen. Le 2^{e} segment abdominal rappelle également celui des *Eupagurus* par sa partie médiane membraneuse qui sépare deux aires plus solides, mais cette homologie n'est qu'apparente. Dans les *Phyllolithodes* (*P. papillosa*), en effet, la région dorsale du 2^{e} segment est envahie

tout entière par des nodules calcifiés qui se soudent en partie pour former une série transversale, de trois pièces annulaires; dans les *Hapalogaster,* des nodules analogues remplissent toute l'aire médiane membraneuse, puis se soudent peu à peu pour former les aires solides latérales, qui se subdivisent elles-mêmes longitudinalement en deux pièces. On doit donc admettre que les pièces solides du 2e segment des *Eupagurus ont disparu d'abord,* et qu'*ensuite se sont formées à leur place, par fusion de nodules calcifiés,* les pièces solides des *Phyllolithodes* et des *Hapalogaster.*

» Chez les *Dermaturus* (*D. hispidus*) les nodules calcifiés, qui existent au milieu du deuxième segment chez les *Hapalogaster*, sont soudés en une seule plaque, de sorte que le segment est protégé par cinq pièces contiguës : une impaire médiane, deux latérales et deux marginales. Mais les pièces solides qui occupent les trois segments suivants chez les *Eupagurus* et les *Hapalogaster ont disparu,* et la surface membraneuse de cette région se recouvre tout entière de nodules faiblement calcifiés.

» Cette calcification devient plus intense chez les *Neolithodes* (*N. Grimaldii* de l'Hirondelle), les nodules s'élargissent et certains *se soudent entre eux pour former à gauche une série linéaire de trois petites pièces,* qui occupent de ce côté la même place que les pièces correspondantes des *Eupagurus* et des *Hapalogaster.* Mais il en est de ces pièces comme du deuxième segment des *Hapalogaster;* analogues à celles des *Eupagurus,* elles n'ont avec elles aucune homologie, et représentent simplement des formations nouvelles éminemment caractéristiques des Lithodinés.

» Chez les *Lithodes,* en effet, les nodules se soudent sur une plus grande étendue et forment de chaque côté une série longitudinale de trois larges pièces contiguës. Entre ces deux séries de pièces les nodules médians se groupent en séries transversales plus ou moins régulières; en dehors ils se fusionnent entre eux et donnent naissance (des deux côtés chez le mâle, du côté droit seulement chez la femelle) à une série de petites pièces marginales. Le deuxième segment abdominal varie d'ailleurs beaucoup dans ce genre : ses cinq pièces sont encore distinctes dans le *L. brevipes* et dans le *L. camtschaticus,* les deux latérales se soudent avec la médiane dans le *L. antarctica,* enfin toutes cinq se réunissent en une seule pièce dans le *L. arctica* et dans le *L. ferox.*

» L'abdomen des *Echidnocerus* (*E. cibarius* et *E. foraminatus*) ressemble à celui de ces derniers, mais les nodules médians se soudent et forment trois pièces qui s'intercalent exactement entre les pièces latérales des segments 3, 4 et 5; ces trois plaques nouvelles ne sont d'ailleurs pas con-

tiguës et restent séparées par une rangée transversale de nodules libres ou incomplètement soudés. Il en est de même dans les *Paralomis* (*P. granulosa* et *P. verrucosa*), mais les pièces marginales du troisième segment sont déjà soudées aux pièces latérales.

» Chez les *Rhinolithodes* (*R. biscayensis* du *Talisman*), les pièces marginales se soudent toutes aux latérales; les nodules qui séparent les pièces médianes se fusionnent complètement et forment d'étroites baguettes intercalaires; chez les *Cryptolithodes* (*C. sitchensis*), enfin, ces baguettes se confondent avec la plus postérieure des deux pièces, qu'elles séparent, et l'abdomen se trouve constitué, dans sa partie moyenne, par trois séries longitudinales de trois pièces contiguës. Si les trois pièces transversales d'un même segment se soudaient alors comme celles du deuxième, l'abdomen deviendrait extérieurement identique à celui d'un Crabe; cet état n'est réalisé chez aucune espèce actuellement connue; mais c'est évidemment la forme vers laquelle évolue la sous-famille des Lithodinés.

» En résumé, les pièces abdominales des Lithodinés, bien qu'analogues par leur position aux pièces correspondantes des Paguriens, ne présentent avec elles aucune homologie réelle. Pour se transformer en Lithodinés typiques, les *Eupagurus* ont d'abord perdu toutes leurs pièces abdominales, à l'exception de celles du premier et des deux derniers segments; puis des nodules calcifiés ont envahi la vaste surface membraneuse de l'abdomen, et c'est par la fusion de ces nodules que se sont entièrement formées toutes les pièces solides qui caractérisent les représentants de la sous-famille. »

ANATOMIE ANIMALE. — *La glande venimeuse des Myriapodes chilopodes* (1). Note de M. **O. Duboscq**, transmise par M. de Lacaze Duthiers.

« Malgré les recherches récentes de Mac Leod, Soulié, Zograf, Herbst, la glande venimeuse des Myriapodes chilopodes n'est pas bien connue. On sait que l'orifice est situé, chez tous les Chilopodes, sur la face buccale de la pointe du crochet, qu'à cet orifice fait suite un canal chitineux tubulaire s'étendant jusque dans la hanche de la forcipule; qu'autour du canal un tissu d'un blanc nacré constitue la glande, qui a une forme cylindrique chez la Scolopendre, piriforme chez les autres Chilopodes; mais, sur

(1) Travail fait au laboratoire de Luc-sur-Mer et au laboratoire Arago (Banyuls).

la véritable structure du tissu glandulaire, les auteurs sont en complet désaccord. Les uns (Mac Leod, Herbst) décrivent, autour du canal, de grandes cellules rayonnantes qui auraient un noyau à leur fond. Les autres (Soulié, Zograf) voient en ces prétendues cellules des tubes glandulaires à cellules sécrétantes multiples. Quant aux muscles de la glande, aucun n'en ayant vu, tous admettent qu'elle est comprimée par les muscles adducteurs des forcipules, ce qui aurait cependant pour résultat de faire sourdre le venin à chaque mouvement de ces pieds-mâchoires.

» Voici, d'après mes recherches, la structure de la glande de la Scolopendre (*Scolopendra cingulata*, Labeille) :

» Le canal excréteur, d'une chitine très épaisse, se divise en deux portions : une portion antérieure, non glandulaire, et n'offrant de particulier que des épaississements plus ou moins parallèles, lui donnant vaguement l'apparence d'une trachée; une portion postérieure, glandulaire, de même épaisseur et de même calibre, mais percée de trous en forme d'olives. Ces trous ont été pris par beaucoup pour de petites éminences creuses, appendues autour du canal excréteur : cela vient de ce que la chitine bordante est plus dense que la chitine unissante, qui est pâle, d'où apparence de relief. Ils n'occupent pas toute la surface de la partie postérieure, mais seulement les trois quarts. La région externe en est tout du long dépourvue. A cette région correspond le sillon de la glande.

» Le tissu glandulaire semble disposé tout autour du canal excréteur, qui serait central. En réalité, le canal est superficiel, étant au fond d'un sillon longitudinal où se ramifient les trachées et les artères de la glande. (Les nerfs de la glande issus du nerf forcipulaire se répandent à l'opposé du sillon.) Au fond du sillon, le canal n'a pas sa chitine à nu; elle est recouverte d'un épithélium cylindrique.

» Autour du canal, rayonnent, perpendiculaires, de nombreux tubes glandulaires. A chaque trou du canal s'abouche un tube glandulaire. Chaque tube est de forme conique ou pyramidale, avec l'orifice du canal pour sommet du cône. Leur paroi est une mince membrane fondamentale, légèrement chitinisée, où l'on remarque épars des noyaux ovalaires granuleux. Le fond seul est occupé par de petites cellules glandulaires en prolifération active. Aussi chaque tube produit et contient une grande quantité de venin. Les tubes ont leurs faces communes confondues, et sont en somme de profondes alvéoles.

» Entre les tubes s'accolent, sur leurs parois, de nombreuses fibres musculaires striées, facilement mises en évidence sur les préparations bien fixées. Ces fibres s'insèrent, d'une part, par leurs extrémités ramifiées, sur le canal excréteur; d'autre part, elles se perdent dans la tunique externe de la glande, qui est un réseau musculaire de même nature. Elles présentent la striation transversale ordinaire, avec alternance de disques épais et de disques minces, et une striation longitudinale, qui les montre composées de fibrilles. Elles ont de nombreux noyaux ovalaires, granuleux, ordinairement superficiels; mais quelquefois dans l'épaisseur de la fibre.

» La tunique externe de la glande n'est autre qu'un réseau musculaire dont les

mailles sont unies par une substance fondamentale chitinisée. Les auteurs, ayant vu seulement les noyaux des muscles, l'ont décrite comme un endothélium. Ce réseau est épais et composé de plusieurs couches sur la face de la glande opposée au sillon. Au voisinage du sillon, les fibres sont plus rares et moins épaisses; elles ont la même structure que les fibres profondes intercalées entre les tubes.

» Ainsi se trouve constitué un riche appareil musculaire pour la compression de la glande et l'expulsion du venin.

» Chez les autres Chilopodes, la structure est essentiellement la même. Ainsi la glande venimeuse du Cryptops (*Cryptops hortensis* Leach) est assez semblable; mais les tubes sont plus allongés et non perpendiculaires. Il n'y a pas de sillon, et le canal est perforé sur tout son pourtour. Les muscles sont très développés, surtout dans la tunique, et disposés comme dans la Scolopendre.

» La glande du Géophile (*Geophilus longicornis* Leach) se rapproche de celle du Cryptops. Mais les muscles de la tunique ne sont plus en réseau. Ce sont de grandes fibres longues comme la glande, parallèles, sur une seule couche, et assez semblables à toutes les fibres musculaires du corps.

» Chez le Lithobius (*Lithobius forficatus* Linné), la tunique est un réseau de fibres; toutefois leur nature musculaire n'est plus évidente. Ce sont des fibres que les acides montrent composées de nombreuses fibrilles parallèles, desquelles toute striation est absente. A leur surface, sont de grands noyaux elliptiques, avec un très petit nucléole. Comme elles résistent à l'action de l'eau bouillante et des acides, je les rapproche des fibres musculaires, sans croire à leur contractilité.

» Le Scutigère (*Scutigera coleoptrata* Linné) a sa glande faite, au point de vue histologique, comme celle du Lithobius. Mais le canal excréteur reste court et, la glande descendant jusque dans la hanche, l'allongement de la forcipule a amené ici un allongement extrême des tubes.

» Je dirai plus tard ce qu'il faut penser du venin et de ses effets. »

ANATOMIE ANIMALE. — *Pulmonés à branchie.*
Note de M. **Paul Pelseneer.**

« I. Parmi les Mollusques pulmonés aquatiques de Madagascar, se trouve une forme sénestre qui présente normalement, en dessous de l'orifice pulmonaire et à gauche de l'anus, une *branchie* bien constituée. Cette branchie est *plissée* et non pectinée (c'est-à-dire qu'elle est conformée comme celle des Opisthobranches) et n'est fixée que par sa base seule-

ment. Mais elle n'est pas homologue de la branchie ou cténidie des autres Gastropodes : elle est, en effet, située tout entière hors de la cavité palléale, alors qu'elle y est contenue chez ces derniers : c'est donc une formation nouvelle.

» II. L'apparition de cet organe sur un Pulmoné s'explique par l'étude de nos formes indigènes; car certaines d'entre elles possèdent déjà cette branchie, mais à un moindre degré de développement : tels sont les *Planorbis* et les *Ancylus*.

» Le *Planorbis corneus* présente, en dehors de la cavité palléale ou pulmonaire, à gauche de l'anus, un lobe tégumentaire aplati, lisse, extensible, dont la structure révèle le rôle respiratoire; le même lobe existe, proportionnellement plus petit, dans *Planorbis marginatus*.

» L'*Ancylus* possède aussi (à droite chez *A. lacustris*) ce lobe, qui y est depuis longtemps déjà désigné sous le nom de *branchie* et qui en remplit les fonctions d'une façon continue, car, chez ce genre, *il n'y a plus trace de cavité palléale* (*ou poumon*). Or on sait que le *Planorbis* est beaucoup moins aérien que la *Limnœa;* et on sait aussi que, dans une eau pure, l'*Ancylus* reste toujours complètement immergé (ce qui explique la disparition de son poumon).

» Ces Pulmonés ayant perdu la branchie originelle (ou cténidie) des Mollusques, mais étant revenus ultérieurement à des habitudes aquatiques, il n'y a rien d'étonnant à ce qu'ils se soient refait une branchie, morphologiquement différente de celle-là, bien que dans le Pulmoné de Madagascar elle soit conformée d'une façon semblable : il n'y a là qu'un remarquable exemple d'*homoplasie* et d'irréversibilité de l'évolution, c'est-à-dire de l'impuissance d'un organe perdu à réapparaître.

» III. Le Mollusque de Madagascar dont il s'agit n'est connu que conchyliologiquement et se trouve désigné sous le nom de *Physa lamellata*. Mais toute son organisation montre qu'il n'appartient pas au genre *Physa;* je me borne à indiquer ici l'absence, chez ce dernier (comme chez la *Limnœa*), de l'appareil branchial para-anal.

» La *Physa lamellata* constitue le type d'un genre très voisin des *Planorbis*, que je propose de nommer *Pulmobranchia*. »

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur la peste de Hong-Kong.* Note de M. **Yersin**.

M. **Duclaux** communique à l'Académie les passages suivants d'une Lettre adressée, à l'Institut Pasteur, par M. le Dr *Yersin*, médecin des colonies, envoyé à Hong-Kong pour étudier la peste.

« L'incubation est de quatre à six jours; puis, la maladie débute brusquement par de l'accablement et un épuisement des forces. Dès le premier jour, le bubon apparaît; il est souvent unique et siège, dans la majeure partie des cas, à la région inguinale. La fièvre est continue, elle s'accompagne de délire. La constipation est plus fréquente que la diarrhée. La mort arrive en vingt-quatre heures ou au bout de quatre à cinq jours. Quand la vie se prolonge au delà de cinq à six jours, le bubon se ramollit et le pronostic devient meilleur.

» Les premières recherches bactériologiques ont été faites sur des sujets vivants. L'examen du sang retiré d'un doigt à diverses périodes de la maladie n'a pas montré de microbes et l'ensemencement est resté stérile.

» Les bubons, au contraire, contiennent en abondance et à l'état de pureté un bacille très petit, court, à bouts arrondis, ne se teignant pas par la méthode de Gram, mais se colorant par le violet de gentiane. Chez huit malades, j'ai trouvé le bacille dans les bubons. A l'autopsie de deux pestiférés, j'ai rencontré le même microbe. Il est surtout nombreux dans les bubons, il est moins abondant dans les autres ganglions, et très rare dans le sang au moment de la mort. Le foie, la rate sont augmentés de volume et renferment le bacille spécifique.

» Des souris inoculées avec une trace de la pulpe d'un bubon meurent en vingt-quatre heures avec des bacilles dans les ganglions, dans les organes et dans le sang, où ils sont plus longs et plus grêles, elles succombent à une véritable septicémie. Les cobayes meurent en trois à six jours; ils présentent de l'œdème au point d'inoculation, une tuméfaction des ganglions voisins et une augmentation de volume du foie et de la rate. Plus la maladie se prolonge, plus les ganglions deviennent volumineux.

» De cinq souris inoculées avec quelques gouttes de sang, une seule a succombé le quatrième jour. Un cobaye inoculé de la même manière est mort en six jours.

» Une souris qui avait mangé la rate d'une autre souris morte de la peste a pris la maladie : il en est de même d'un rat qui avait mangé un fragment de bubon.

» Le microbe se cultive facilement sur gélose, en donnant une couche blanchâtre uniforme. »

La séance est levée à 4 heures. J. B.